Fontes de alimentação

Nesta seção...

Retificação de meia onda ◄

Retificadores de meia onda com diodo semicondutor ◄

Retificação de meia onda com tensão de saída negativa ◄

Exemplo prático de fonte de alimentação de meia onda ◄

Emprego da retificação de meia onda ◄

Retificação de onda completa com diodos semicondutores ◄

Retificação de onda completa em ponte ◄

Fontes de alimentação de onda completa ◄

Pontes retificadoras comerciais ◄

Filtro nas fontes de alimentação ◄

Capacitor de filtro ideal ◄

Pesquisa de defeitos em fontes com filtro ◄

Regimes máximos do diodo em CA ◄

2

Retificação de meia onda

Retificação é o nome dado ao processo de transformação de corrente alternada (CA) em corrente contínua (CC).

A retificação é utilizada nos equipamentos eletrônicos com a finalidade de permitir que equipamentos de corrente contínua (CC) sejam alimentados a partir da rede elétrica (CA).

A retificação de meia onda é um processo de transformação de CA em CC, que permite o aproveitamento de apenas um semiciclo da tensão de entrada na carga. (Fig. 1)

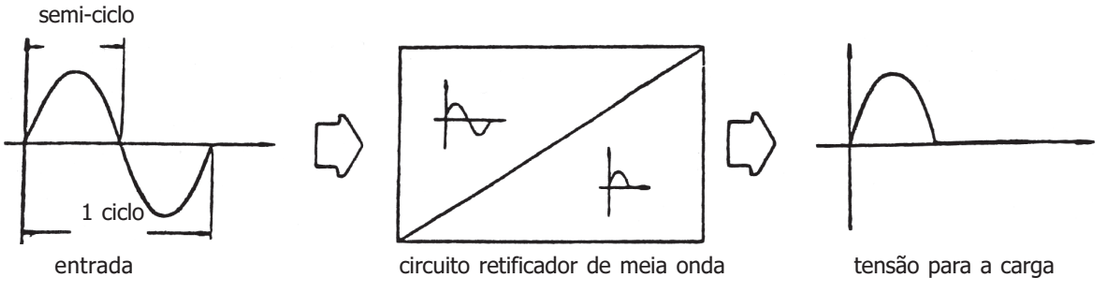


Fig. 1

O circuito retificador de meia onda com diodo é empregado em equipamentos que não exigem uma tensão contínua pura, como por exemplo, os carregadores de bateria.

Retificadores de meia onda com diodo semicondutor

As características de condução e bloqueio do diodo semicondutor podem ser utilizadas para obter retificação de meia onda a partir da corrente alternada da rede elétrica domiciliar.

A figura 2 mostra a configuração de um circuito retificador de meia onda com diodo.

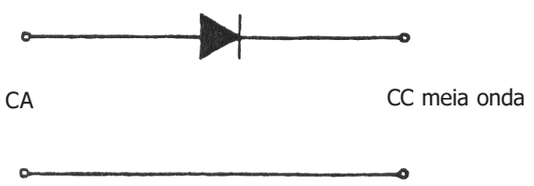


Fig. 2

Funcionamento

Se tomamos como referência o circuito retificador de meia onda com o diodo da figura 3, temos:

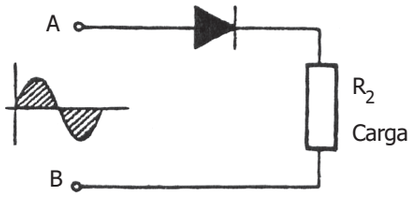


Fig. 3

a – primeiro semiciclo

Durante o primeiro semiciclo a tensão é positiva no ponto A, com relação ao ponto B. Essa polaridade de tensão de entrada coloca o diodo em condução, permitindo a circulação de corrente. (Fig. 4)

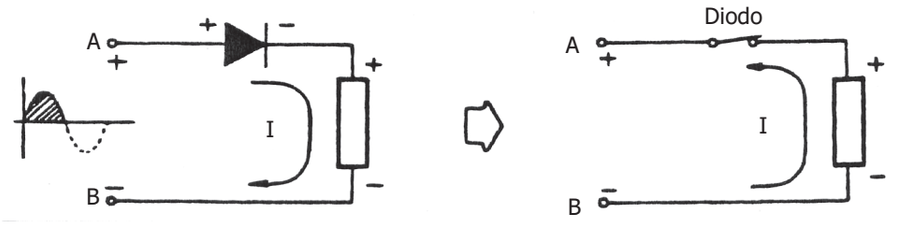


Fig. 4

A tensão sobre a carga assume a mesma forma da tensão de entrada. (Fig. 5)

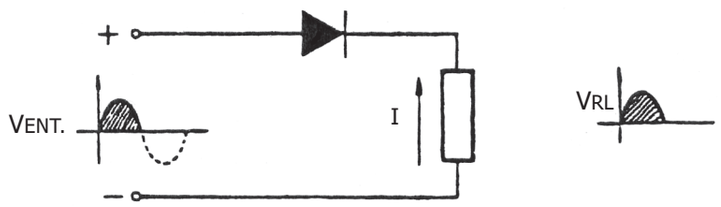


Fig. 5

Nos gráficos da figura 6, verifica-se que o valor do pico de tensão sobre a carga é menor que o valor do pico de tensão de entrada porque o diodo, durante a condução, apresenta uma pequena queda de tensão V_D (0,7 V para silício e 0,2 V para germânio).

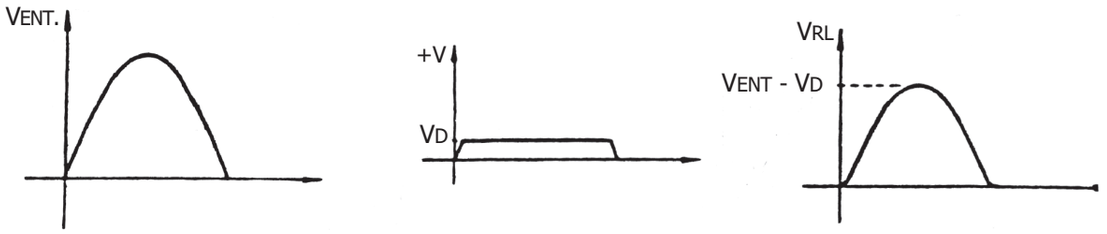


Fig. 6

Entretanto, na maioria dos casos, a queda de tensão do diodo pode ser desprezada porque seu valor é muito pequeno, em relação ao valor total do pico de tensão sobre a carga.

A queda de tensão sobre o diodo deve ser considerada apenas quando o circuito retificador for aplicado a tensões pequenas (menos que 10 V).

b – segundo semiciclo

Durante o segundo semiciclo a tensão de entrada é negativa no ponto A, com relação ao ponto B.

Essa polaridade de tensão de entrada coloca o diodo em bloqueio, impedindo a circulação de corrente. (Fig. 7)

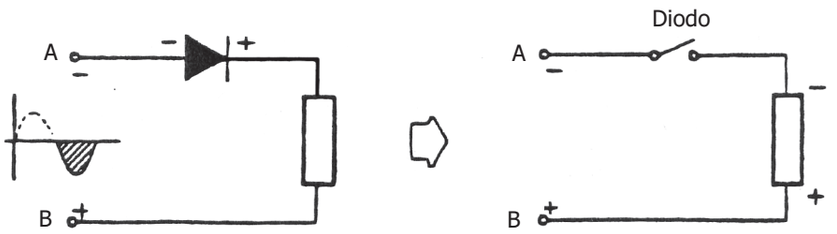


Fig. 7

Nessa condição, toda a tensão de entrada é aplicada sobre o diodo que atua como interruptor aberto, e a tensão na carga é nula porque não há circulação de corrente. (Fig. 8)

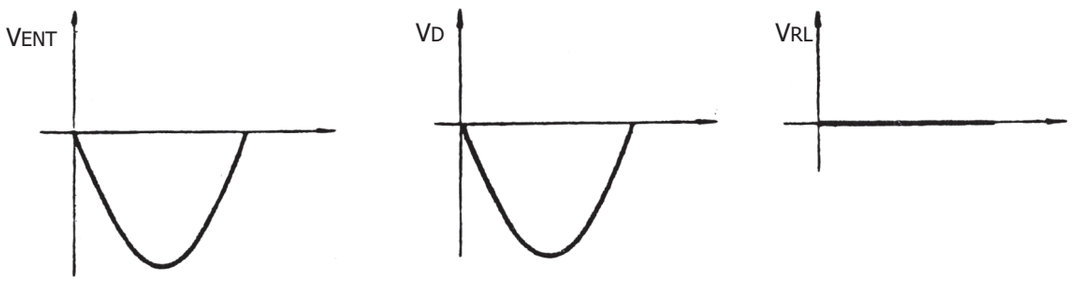


Fig. 8

Observe que para cada ciclo completo da tensão de entrada apenas um semiciclo passa para a carga, enquanto o outro semiciclo fica sobre o diodo, como mostram os gráficos da figura 9.

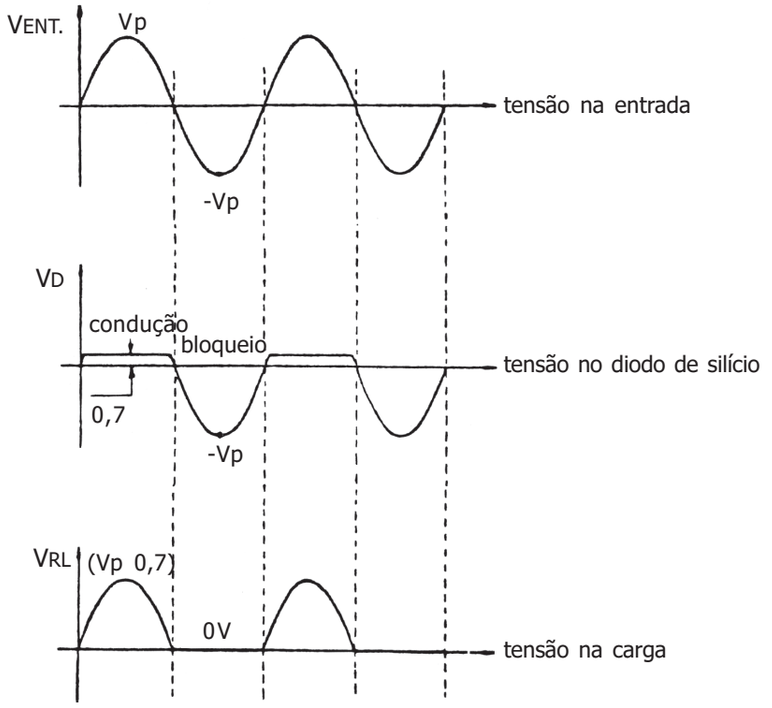


Fig. 9

A forma de tensão encontrada na carga é denominada *tensão contínua pulsante*. Contínua, porque a corrente flui sempre no mesmo sentido, o que é uma característica da tensão contínua; pulsante, porque a circulação de corrente ocorre em forma de pulsos.

Retificação de meia onda com tensão de saída negativa

Dependendo da forma como o diodo está colocado no circuito retificador, pode-se obter uma tensão CC positiva ou negativa em relação ao terra. (Figs. 10 e 11)

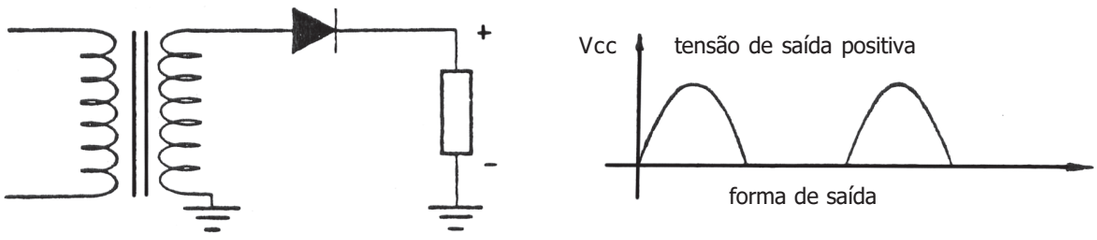


Fig. 10

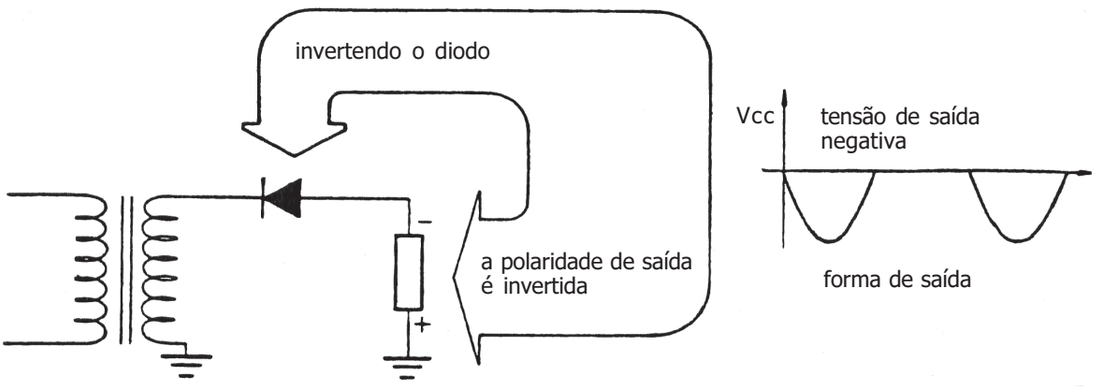


Fig. 11

Exemplo prático de fonte de alimentação de meia onda

O circuito retificador de meia onda pode ser utilizado como fonte de alimentação para um circuito eletrônico. Mas, para que se tenha uma fonte de alimentação completa, deve-se acrescentar ao circuito retificador:

– uma chave liga-desliga

– um fusível de proteção

– uma chave seletora 110/220 V.

As figuras 12 e 13 mostram o esquema e o circuito de uma fonte de alimentação de meia onda, com os itens acima citados.

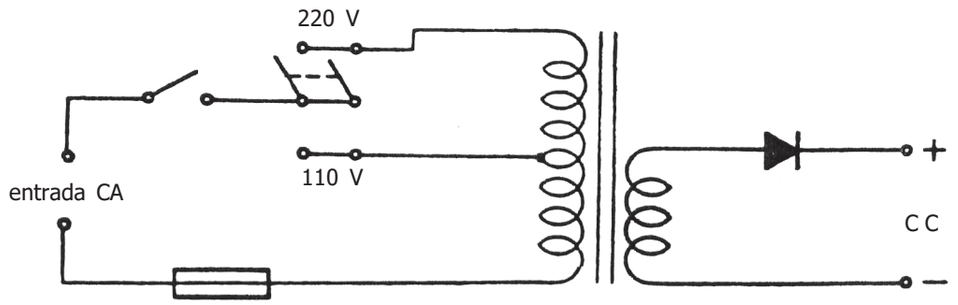


Fig. 12

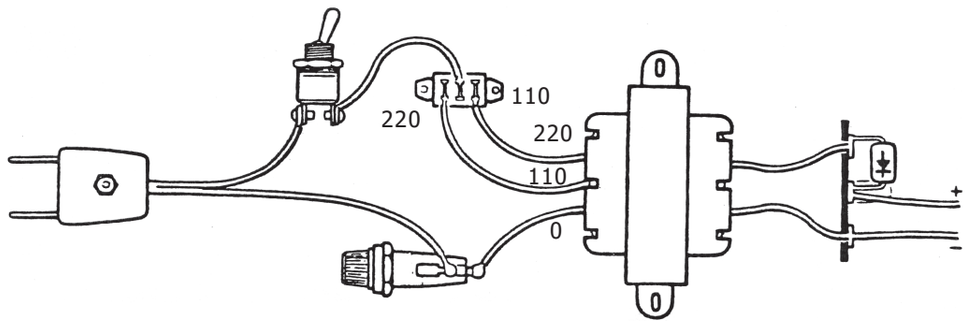


Fig. 13

Esse circuito pode ser dividido em quatro partes ou etapas distintas, como mostra a figura 14.

Legenda

1 – entrada
2 – controle e proteção
3 – rebaixamento ou elevação da tensão
4 – retificação

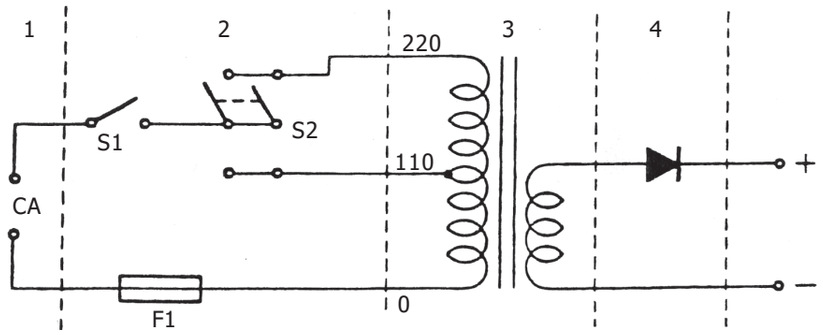


Fig. 14

Atenção

Quando uma fonte retificadora de meia onda apresenta defeito, deve-se executar uma seqüência de medidas que permitem localizar a etapa com problema e, posteriormente, o componente.

Se o circuito apresenta defeito, ele será geralmente constatado ao realizar-se uma medição na saída, que apresentará duas possibilidades:

a – existindo tensão CA na saída, pode-se imediatamente concluir que as etapas 1, 2 e 3 estão corretas. O defeito provável é o diodo em curto.

b – não existindo tensão na saída, existem muitas hipóteses para o defeito. Deve-se, então, realizar teste por etapas do circuito. Veja, passo a passo, cada teste a ser feito.

– testar se há tensão na saída da etapa 3 (secundário do transformador)

Se a resposta a este teste for ***sim***, conclui-se que até a etapa 3 está tudo correto.Logo, o defeito é na etapa 4. Nesse caso, é preciso testar o diodo (aberto).

Já se a resposta ao teste for ***não***, o defeito está antes da etapa 4. É necessário então:

– testar se há tensão na entrada da etapa 3 (primário do transformador)

Se a resposta for ***sim***, as etapas 1 e 2 estão corretas. Portanto, o defeito está na etapa 3 (transformador). É preciso fazer o teste de continuidade das bobinas do transformador com um ohmímetro.

Se o teste mostrar que ***não*** há tensão na entrada da etapa 3, comprova-se que o defeito está nas etapas 1 ou 2. O próximo passo é:

– testar tensão de entrada na etapa 1

Caso a resposta seja ***sim***, a etapa 1 está correta. Como as etapas 3 e 4 já foram verificadas, o defeito é na etapa 2 (controle e proteção).

É necessário, então, testar os componentes e conexões da etapa 2.

Atenção

Se o defeito for fusível rompido, verificar as causas do rompimento (diodo em curto, curto entre ligações, saída em curto) antes de substituí-lo.

O rompimento de fusível pode ser causado pelo funcionamento anormal do circuito alimentado pela fonte.

Já se o resultado for ***não***, é preciso testar o cabo, o plugue e verificar se há energia na tomada onde a fonte está sendo conectada.

Todo esse procedimento parece difícil de ser executado. Entretanto, essa seqüência fica simples se for colocada em forma de fluxograma. (Fig. 15)

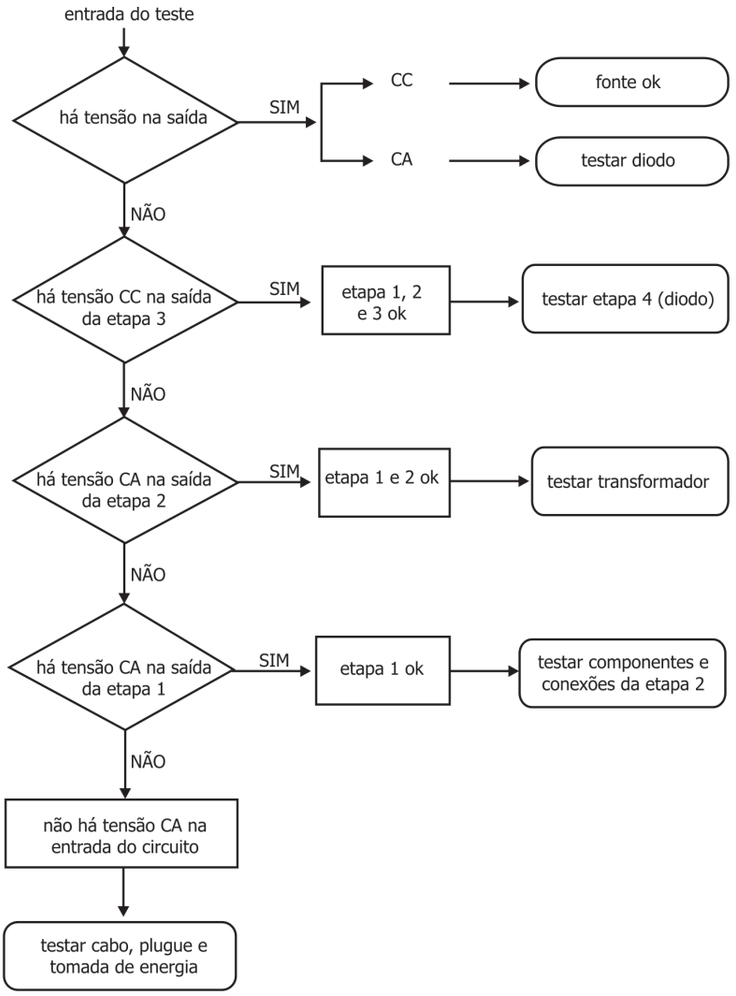


Fig. 15

Emprego da retificação de meia onda

A retificação de meia onda é utilizada quando a carga não necessita uma CC pura para o funcionamento.

Os carregadores de bateria são um exemplo típico de circuito onde a retificação de meia onda é empregada.

Retificação de onda completa com diodos semicondutores

É um processo de conversão de corrente alternada em corrente contínua que faz um aproveitamento dos dois semiciclos da tensão de entrada. (Fig. 16)

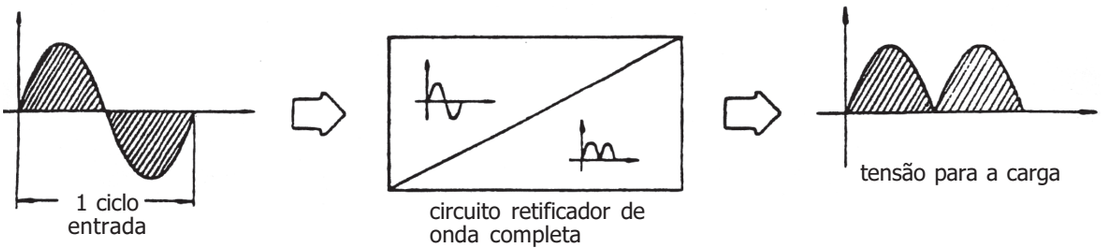


Fig. 16

O circuito retificador de onda completa é o mais empregado nos equipamentos eletrônicos porque realiza um melhor aproveitamento da energia aplicada à entrada.

A retificação de onda completa com diodos pode ser realizada de duas formas distintas:

– empregando um transformador com derivação central e dois diodos;
– empregando quatro diodos ligados em ponte.

Retificação de onda completa com derivação central

Retificação de onda completa com derivação central é a denominação técnica do circuito retificador de onda completa que emprega dois diodos e um transformador com derivação central.

A figura 17 apresenta a configuração desse tipo de circuito retificador.

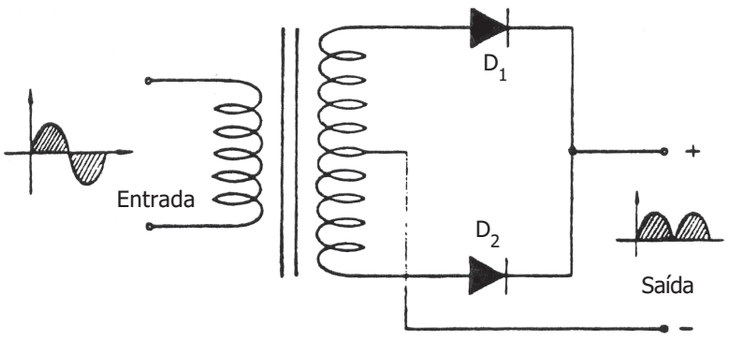


Fig. 17

Esse tipo de retificação também é chamado de retificação de onda completa *Center Tap*.

Observação

A expressão Center tap *é inglesa e significa derivação central.*

Funcionamento

O princípio de funcionamento do circuito retificador de onda completa pode ser facilmente compreendido, considerando-se cada um dos semiciclos da tensão de entrada isoladamente.

a – Primeiro semiciclo

Considerando-se o terminal central do secundário como referência, verifica-se a formação de duas polaridades opostas nos extremos das bobinas. (Fig. 18)

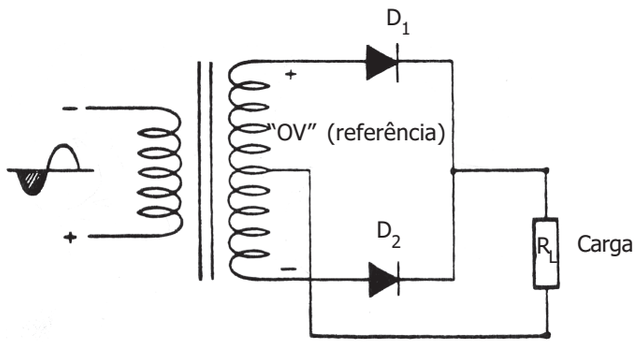


Fig. 18

Nessa condição, comprova-se que o diodo D_1 é polarizado diretamente, conduzindo a corrente, enquanto o diodo D_2 é polarizado inversamente, entrando em bloqueio.

Substituindo os diodos por seus circuitos equivalentes ideais, obtém-se a configuração apresentada na figura 19.

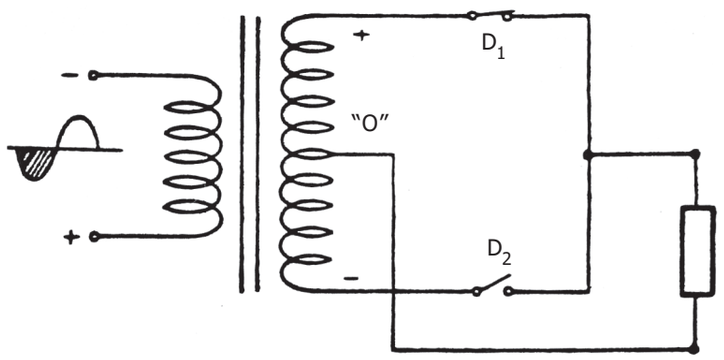


Fig. 19

A condição de condução de D_1 permite a circulação de corrente através da carga do terminal positivo para o terminal de referência. (Fig. 20)

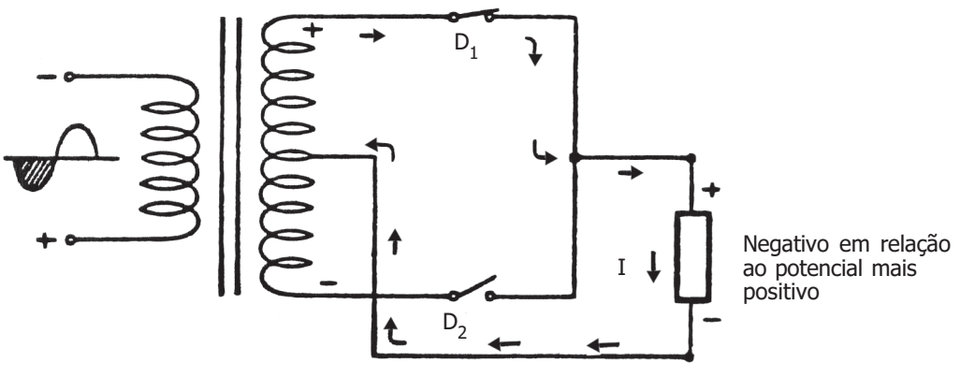


Fig. 20

A tensão aplicada à carga é a tensão existente entre o terminal central do secundário e o extremo superior do transformador. (Fig. 21)

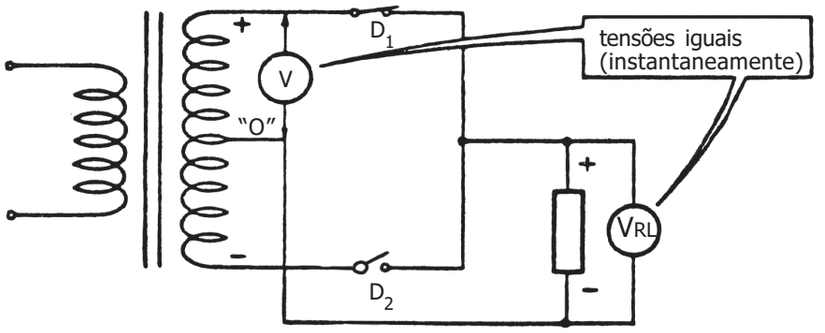


Fig. 21

Durante todo o semiciclo analisado, o diodo D_1 permanece em condução e a tensão na carga acompanha a tensão da parte superior do secundário. (Fig. 22)

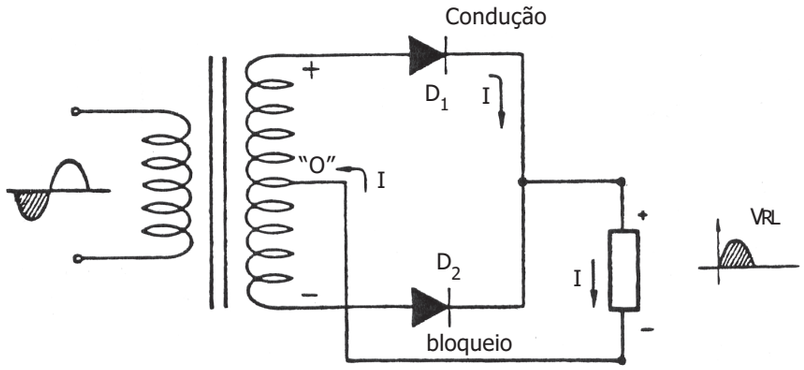


Fig. 22

b – Segundo semiciclo

No segundo semiciclo da tensão de entrada, ocorre uma inversão na polaridade do secundário do transformador. (Fig. 23)

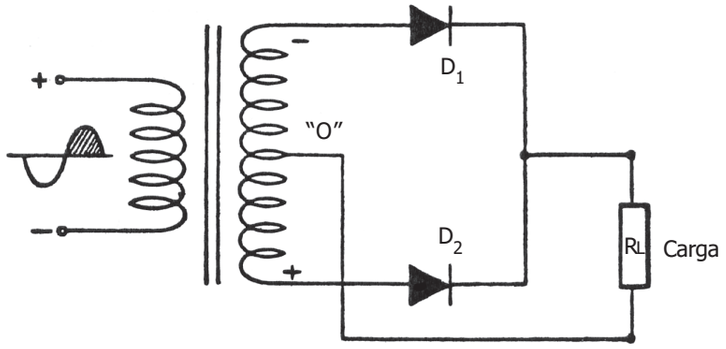


Fig. 23

Nessa condição, o diodo D_2 entra em condução e o diodo D_1, em bloqueio. (Fig. 24)

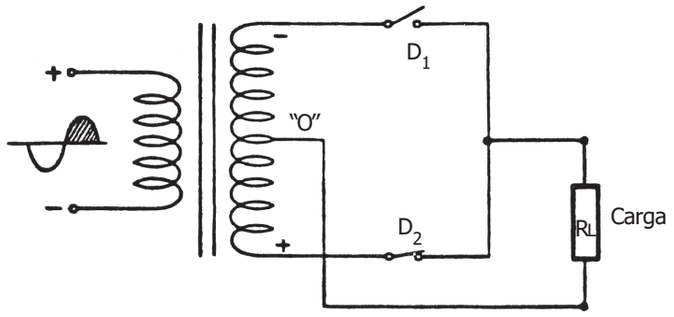


Fig. 24

A corrente circula pela carga, no mesmo sentido que circulou no primeiro semiciclo, passando através de D_2 que está em condução. (Fig. 25)

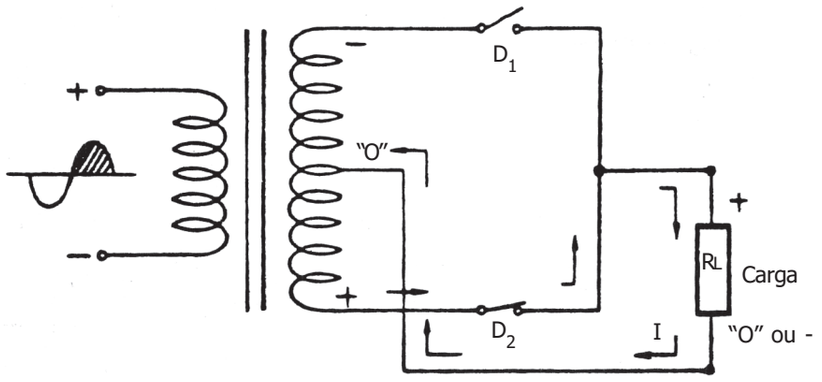


Fig. 25

A tensão aplicada à carga é a tensão da bobina inferior do secundário do transformador. (Fig. 26)

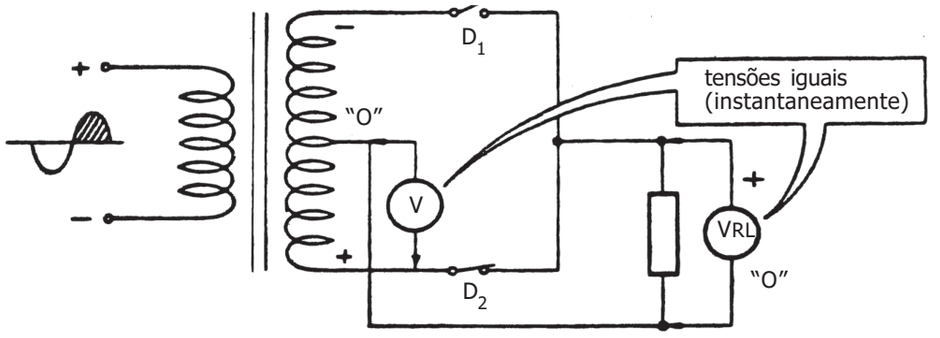


Fig. 26

Durante todo o semiciclo analisado, o diodo D_2 permanece em condução e a tensão na carga acompanha a tensão da parte inferior do secundário. (Fig. 27)

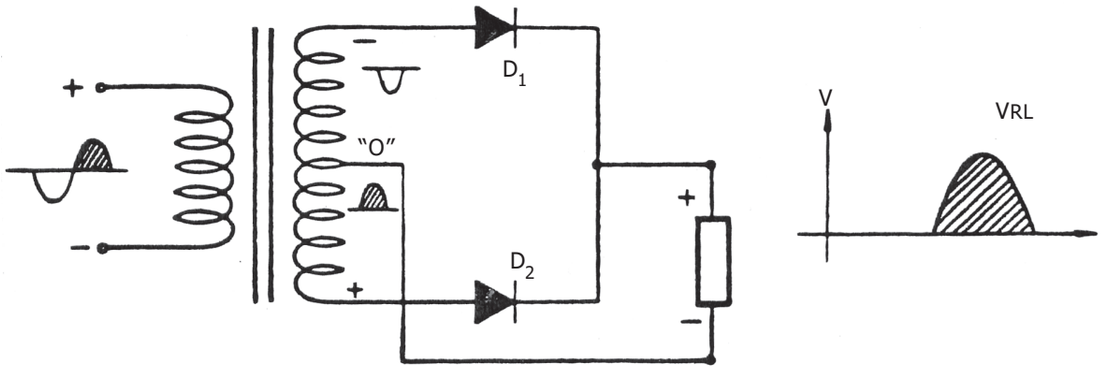


Fig. 27

Analisando um ciclo completo da tensão de entrada, verifica-se que o circuito retificador entrega dois semiciclos de tensão sobre a carga:

- um semiciclo do extremo superior do secundário através da condução de D_1.
- um semiciclo do extremo inferior do secundário através da condução de D_2. (Fig. 28)

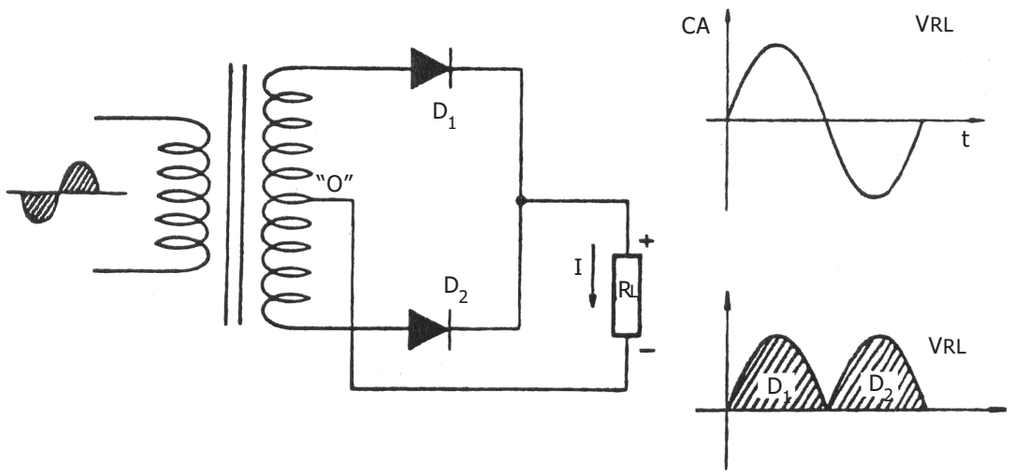


Fig. 28

Tensão e corrente contínuas de saída da retificação com derivação central

Tensão de saída

A retificação de onda completa com ponto médio entrega à carga dois semiperíodos de tensão para cada ciclo da tensão de entrada. (Fig. 29)

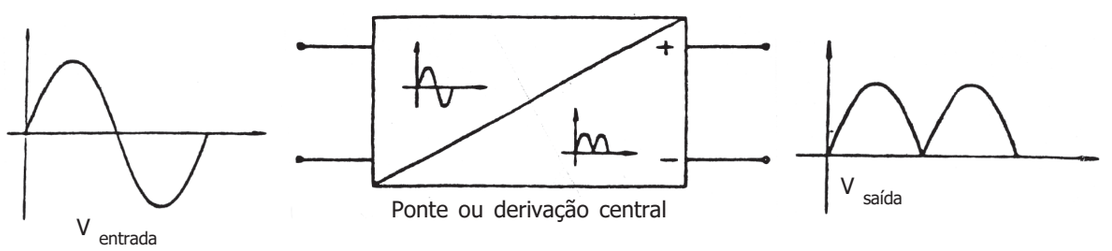


Fig. 29

Isto se deve ao fato de que, na retificação de onda completa com ponto médio, cada metade do secundário do transformador está ativa durante um período e inativa em outro.

Observando atentamente esse tipo de retificação, é possível visualizar que o conjunto se constitui de duas retificações de meia onda, cada uma atuante em um dos semiciclos conforme a seqüência da figura 30.

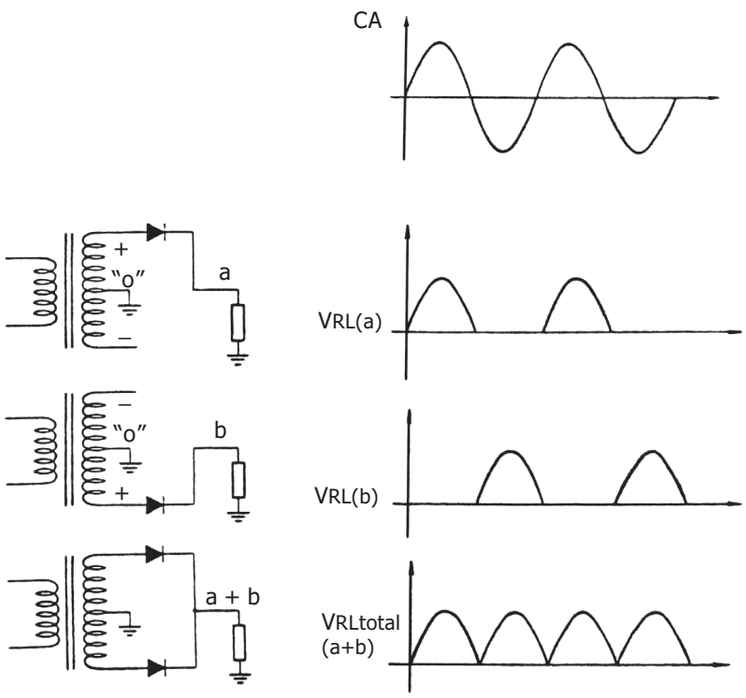


Fig. 30

Relação entre freqüência de entrada e freqüência de saída

Na retificação de onda completa, cada ciclo da tensão CA de entrada é transformado em dois semiciclos de tensão sobre a carga.

Dessa forma, a freqüência dos picos de tensão sobre a carga é o dobro da freqüência da rede. (Fig. 31)

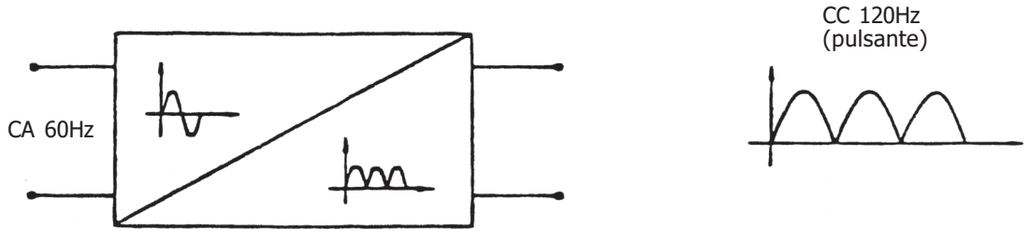


Fig. 31

Retificação de onda completa em ponte

A retificação em ponte, com quatro diodos, entrega à carga uma onda completa sem que seja necessário utilizar um transformador com derivação central.

A figura 32 apresenta a configuração da retificação de onda completa em ponte.

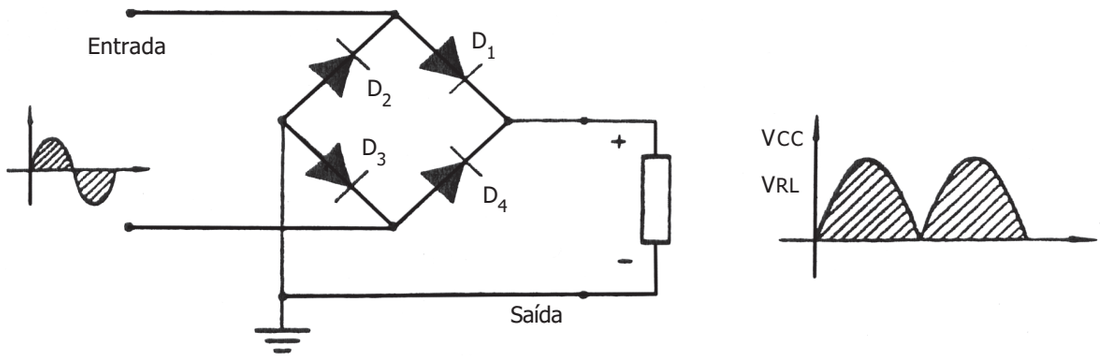


Fig. 32

Esse tipo de retificação também é conhecido como retificação por *ponte de Graëtz*.

A retificação em ponte pode ser feita sem a necessidade de um transformador de entrada.

Funcionamento

a – Primeiro semiciclo

Considerando a tensão positiva no terminal de entrada superior (Fig. 33),

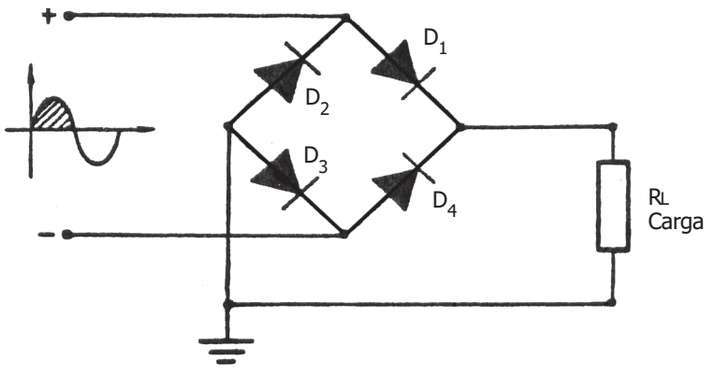


Fig. 33

a condição de polarização dos diodos se apresenta:

D_1 – anodo positivo em relação ao catodo → **condução**

D_2 – catodo positivo em relação ao anodo → **bloqueio**

D_3 – catodo negativo em relação ao anodo → **condução**

D_4 – anodo negativo em relação ao catodo → **bloqueio**

Substituindo-se os diodos pelos seus circuitos equivalentes ideais, obtém-se a configuração apresentada na figura 34.

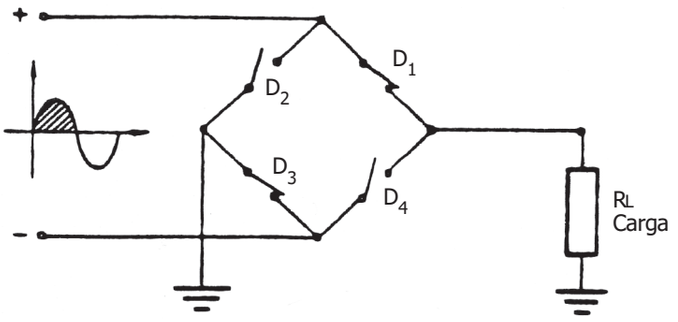


Fig. 34

Eliminando-se os diodos em bloqueio, que não interferem no funcionamento do circuito, verifica-se que D_1 e D_3 em condução fecham o circuito elétrico, aplicando a tensão do primeiro semiciclo sobre a carga. (Fig. 35)

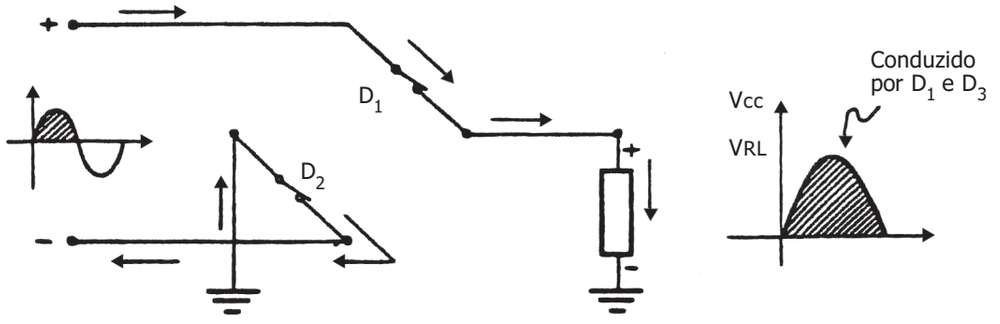


Fig. 35

Recolocando-se os diodos na forma de componente (eliminando os circuitos equivalentes), observa-se como a corrente flui no circuito no primeiro semiciclo. (Fig. 36)

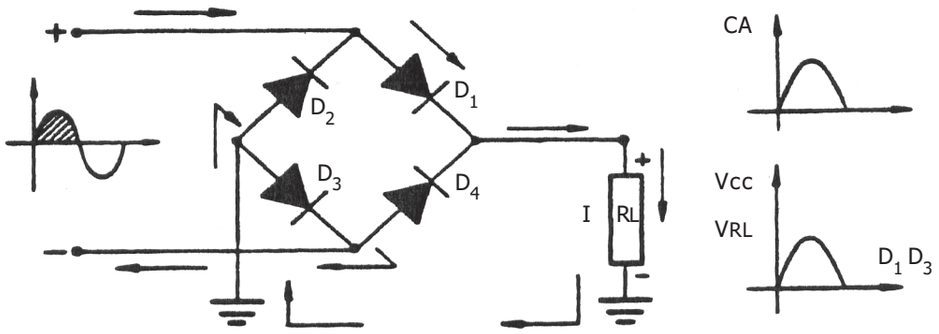


Fig. 36

b – Segundo semiciclo

No segundo semiciclo, ocorre a inversão da polaridade nos terminais de entrada do circuito. (Fig. 37)

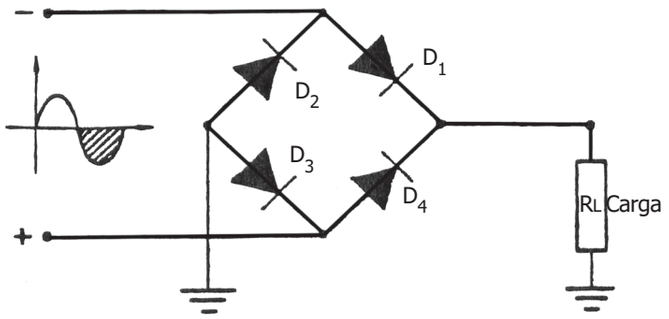


Fig. 37

Nesse caso, a condição de polarização dos diodos se apresenta:

D_1 – anodo negativo em relação ao catodo → **bloqueio**

D_2 – catodo negativo em relação ao anodo → **condução**

D_3 – catodo positivo em relação ao anodo → **bloqueio**

D_4 – anodo positivo em relação ao catodo → **condução**

Eliminando os diodos em bloqueio e substituindo os diodos em condução pelos seus circuitos equivalentes ideais, obtém-se a configuração apresentada na figura 38.

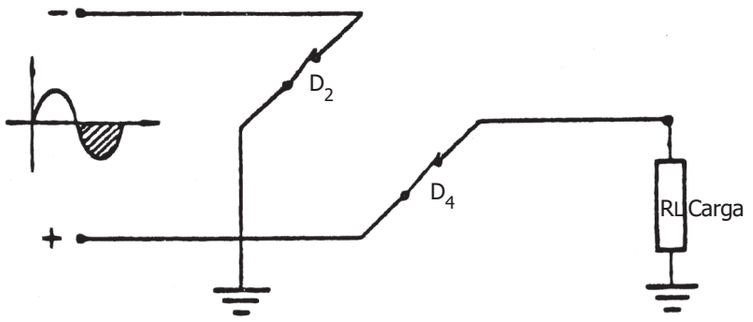


Fig. 38

O circuito elétrico fechado por D_2 e D_4 aplica a tensão da entrada sobre a carga, fazendo a corrente circular sobre ela no mesmo sentido que circulou no primeiro semiciclo. (Fig. 39)

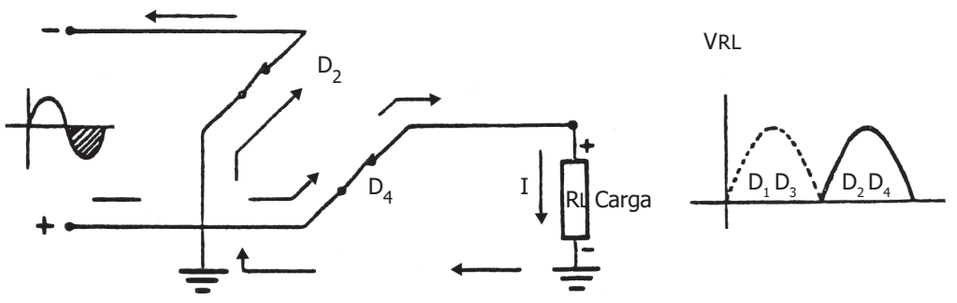


Fig. 39

Recolocando os diodos na forma original, observa-se a forma como a corrente se comporta no circuito. (Fig. 40)

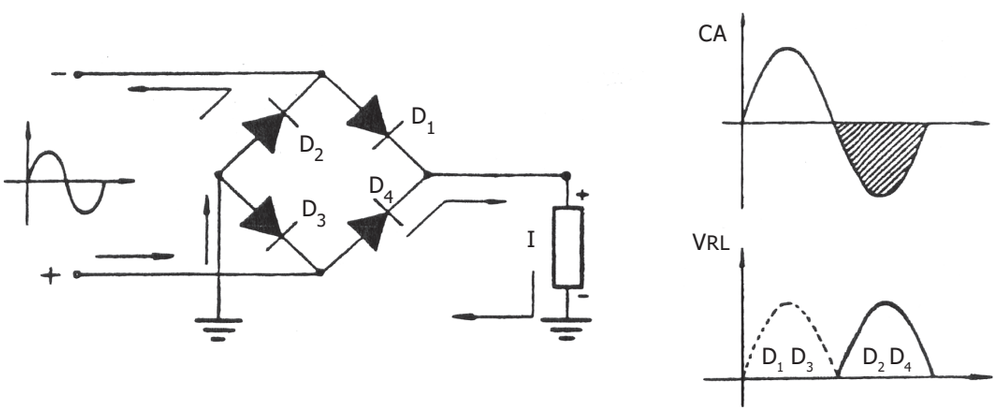


Fig. 40

A ponte retificadora entrega à carga os dois semiciclos, da mesma forma que ocorreu com a retificação de ponte central. (Fig. 41)

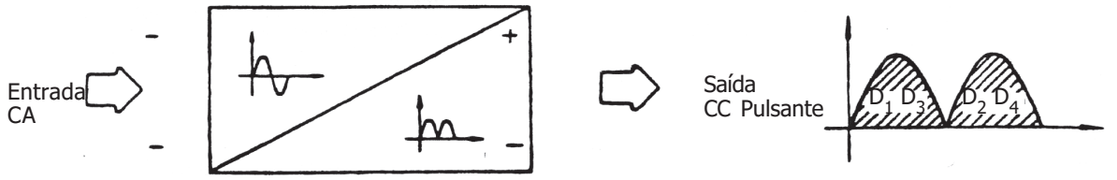


Fig. 41

Atenção

A freqüência da CC pulsante é o dobro da freqüência da rede.

A ponte retificadora também pode ser representada em esquema, conforme mostra a figura 42.

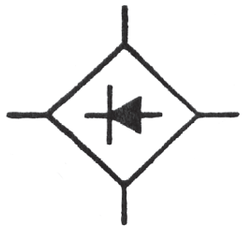


Fig. 42

Nesta simbologia, a barra do diodo aponta a saída positiva e a seta, a saída negativa.(Fig. 43)

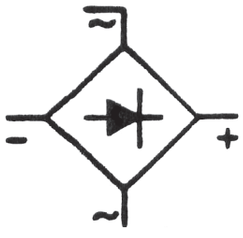


Fig. 43

Fontes de alimentação de onda completa

Os circuitos retificadores de onda completa são utilizados como fonte de alimentação para circuitos de freio eletromagnéticos, alimentação de eletroímãs e brinquedos, como carrinhos de autorama.

As figuras 44 e 45 mostram os circuitos de fontes de alimentação de onda completa com as etapas identificadas.

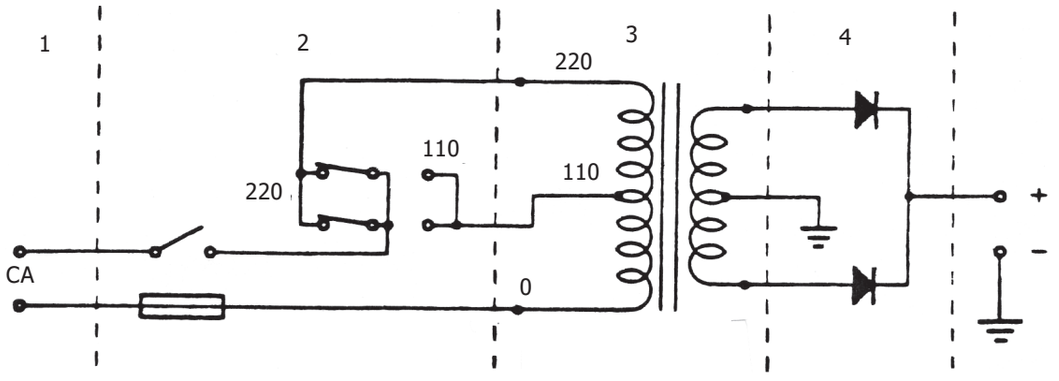


Fig. 44

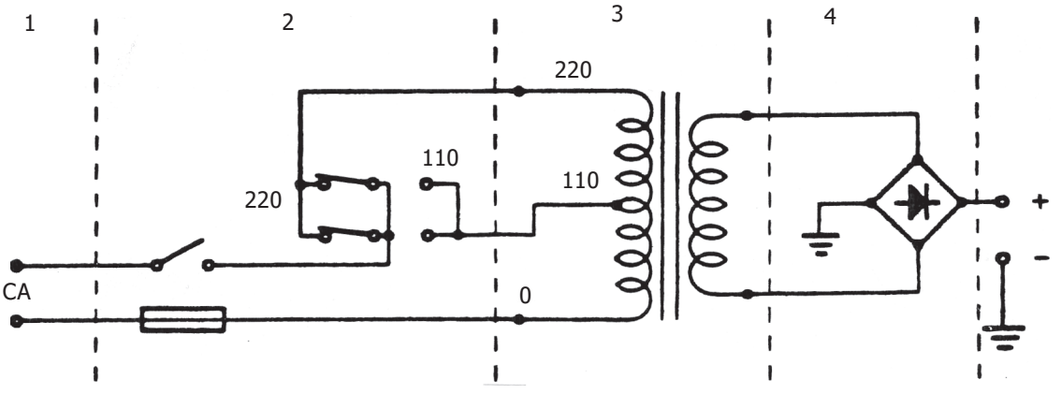


Fig. 45

1 – Entrada
2 – Controle e proteção
3 – Rebaixamento ou elevação de tensão
4 – Retificação

O teste de condições e pesquisa de defeitos pode ser feito segundo o fluxograma a seguir. (Fig. 46)

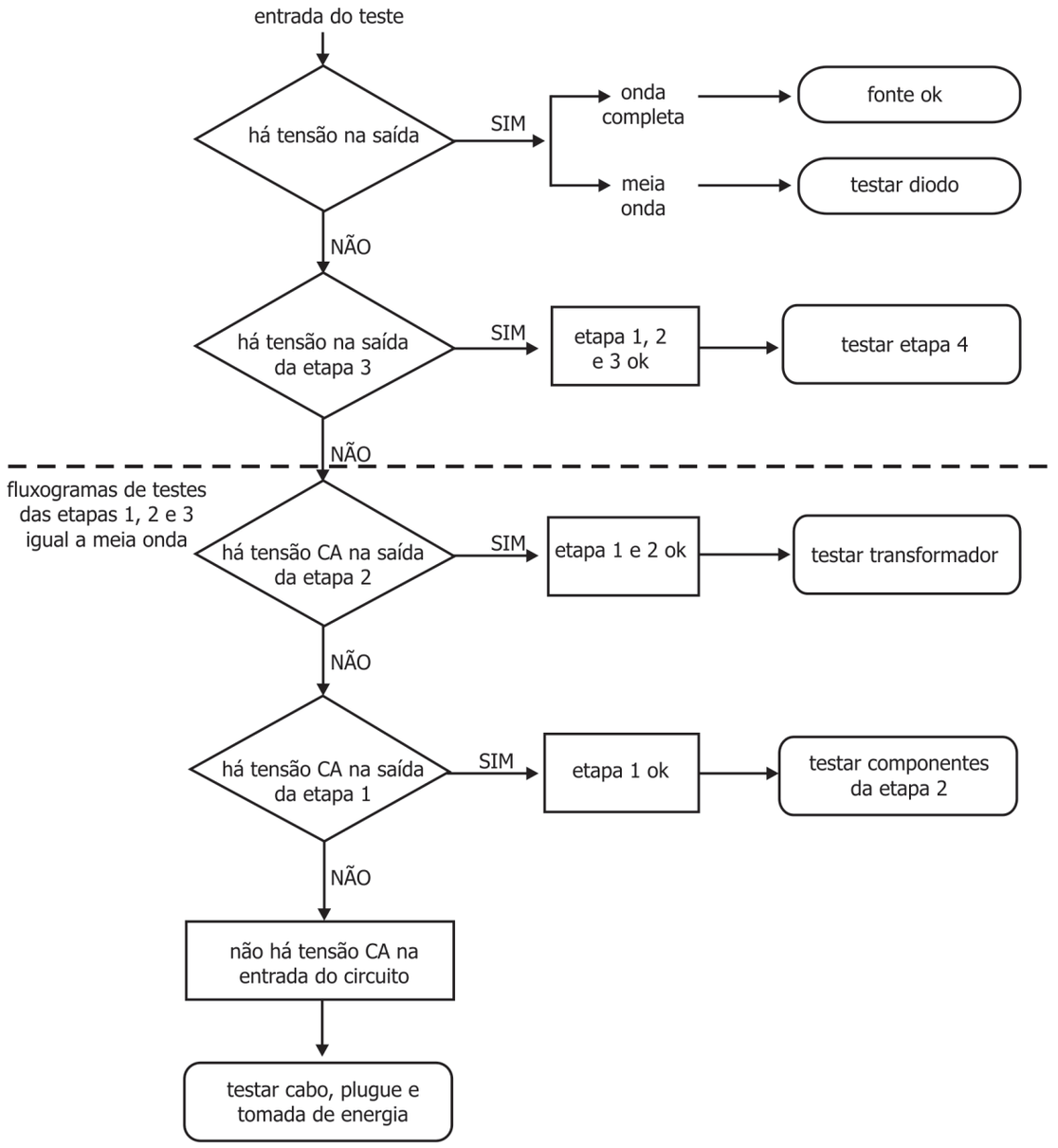


Fig. 46

Atenção

– Pode-se determinar se a saída está em meia onda através da medida de tensão.

Onda completa $V_{CC} = V_{CA} \cdot 0,9$

Meia onda $V_{CC} = V_{CA} \cdot 0,45$

– É possível a saída em meia onda se apenas um dos diodos retificadores estiver aberto.

Se o defeito for fusível rompido, verificar as causas (diodos em curto, curto entre as ligações, curto na saída da fonte) antes de substituí-lo.

O rompimento do fusível também pode ser provocado pelo funcionamento anormal do circuito alimentado pela fonte.

– Nas condições de onda completa (com derivação e ponte), quando um diodo entra em curto, normalmente faz com que todos os outros também entrem em curto. Por isso, costuma-se substituir todos os diodos da retificação quando se encontra um em curto, mesmo que no teste com ohmímetro os outros não acusem defeito.

Pontes retificadoras comerciais

A configuração da ponte retificadora é muito empregada em equipamentos eletrônicos. Isso levou os fabricantes de diodos a produzirem as "pontes retificadoras" prontas.

Essas pontes nada mais são do que os quatro diodos já ligados entre si, encapsulados em um só "componente". As figuras 47 e 48 mostram alguns tipos de pontes retificadoras comerciais.

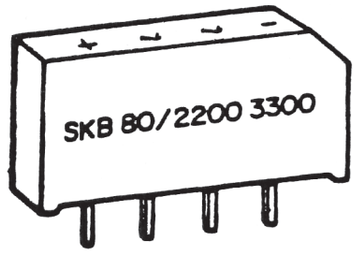


Fig. 47

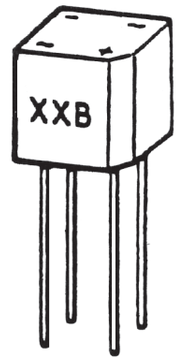


Fig. 48

Este tipo de pontes tem quatro terminais, sendo dois para entrada da tensão CA e dois para a saída da tensão CC.

Os terminais de entrada CA normalmente são identificados pelo símbolo ~ e os de saída em CC são identificados pelos sinais + e –. (Figs. 49 e 50)

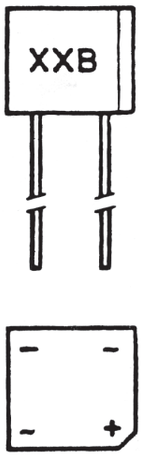


Fig. 49

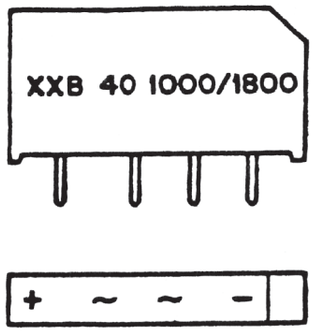


Fig. 50

As designações inscritas no encapsulamento referem-se a características da ponte.

XX – duas letras que indicam o fabricante
B – do alemão BRUCKEN – ponte retificadora
40 – valor limite em volts de tensão CA eficaz que pode ser aplicada à entrada da ponte
1000/1800 – corrente média em miliampères (mA) que pode ser obtida a partir da ponte:
1000 – com carga resistiva
1800 – com capacitor na saída CC da ponte

A figura 51 mostra uma fonte montada com uma ponte semicondutora comercial.

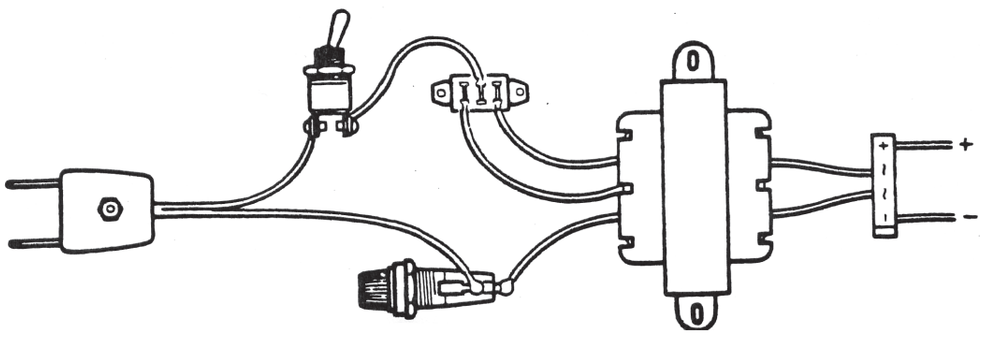


Fig. 51

Atenção

Filtro nas fontes de alimentação

As tensões contínuas puras caracterizam-se por apresentarem polaridade definida e valor constante ao longo do tempo.

A figura 52 mostra o gráfico de uma tensão contínua pura, fornecida por uma bateria.

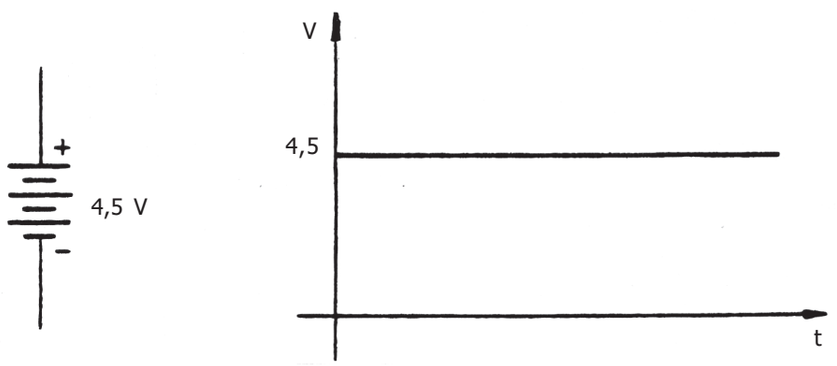


Fig. 52

As tensões fornecidas pelos circuitos retificadores, tanto de meia onda como de onda completa são pulsantes. Embora tenham a polaridade definida, as tensões fornecidas pelos circuitos retificadores sofrem constante variação de valor, pulsando conforme a tensão senoidal aplicada ao diodo. (Fig. 53)

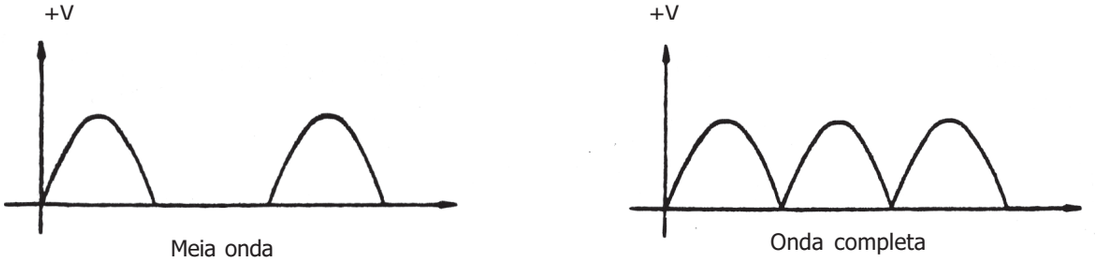


Fig. 53

Capacitor como elemento de filtragem

A capacidade de armazenamento de energia dos capacitores pode ser utilizada como recurso para realizar um processo de filtragem na tensão de saída de um circuito retificador.

O capacitor é conectado diretamente nos terminais de saída da retificação. (Figs. 54 e 55)

Meia onda

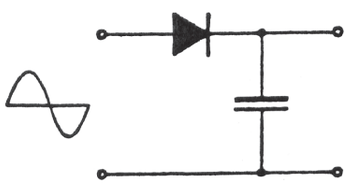


Fig. 54

Onda completa

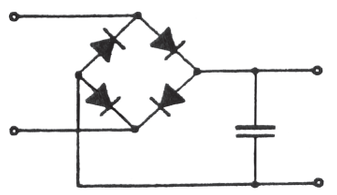


Fig. 55

Nos intervalos de tempo em que o diodo conduz a corrente, ela também circula para a carga e para o capacitor. Neste período, o capacitor armazena energia. (Fig. 56)

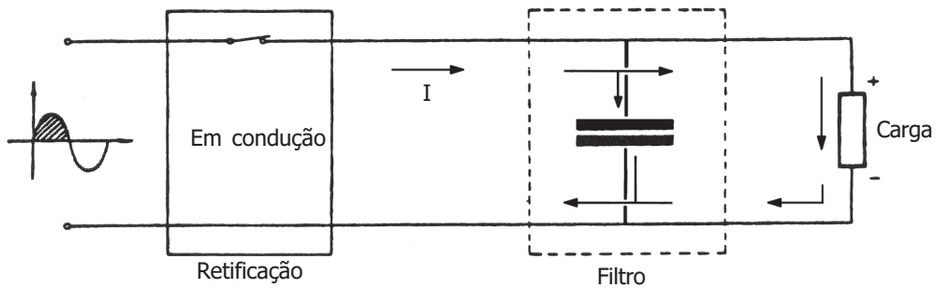


Fig. 56

Nos intervalos de bloqueio do diodo, o capacitor tende a descarregar a energia armazenada nas placas.

Como não é possível a descarga através do retificador porque o diodo está em bloqueio, a corrente de descarga flui pela carga. (Fig. 57)

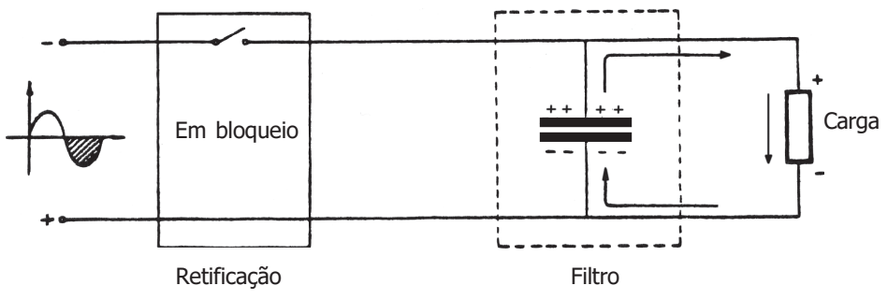


Fig. 57

A tensão contínua pulsante fornecida pelos circuitos retificadores não serve para a alimentação de equipamento de corrente contínua devido às diferenças entre sua forma de onda de saída e a forma de uma corrente contínua pura, conforme se constata na figura 58.

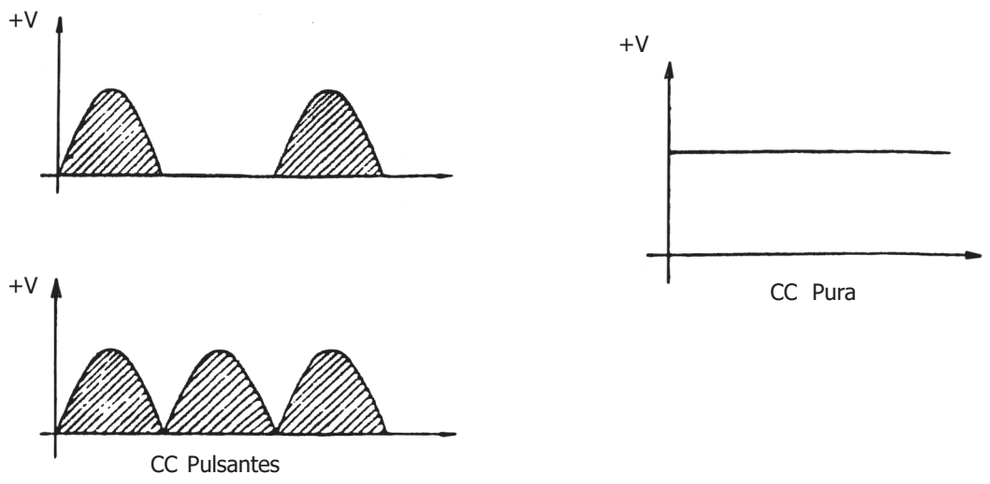


Fig. 58

A necessidade de realizar a alimentação dos equipamentos de corrente contínua a partir da rede elétrica CA levou à utilização de circuitos de filtro.

Atenção

Nas fontes de alimentação, os filtros têm por finalidade permitir a obtenção de uma CC mais pura.

Os filtros são colocados entre a retificação e a carga, e atuam sobre a tensão de saída dos circuitos retificadores, aproximando, tanto quanto possível, sua forma à de uma tensão contínua pura. (Fig. 59)

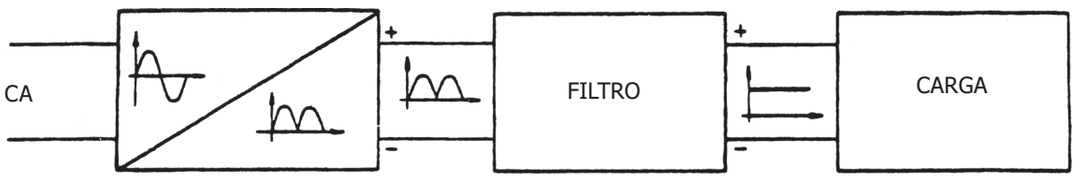


Fig. 59

Como o capacitor está em paralelo com a carga, a tensão presente nas placas é aplicada à carga. (Fig. 60)

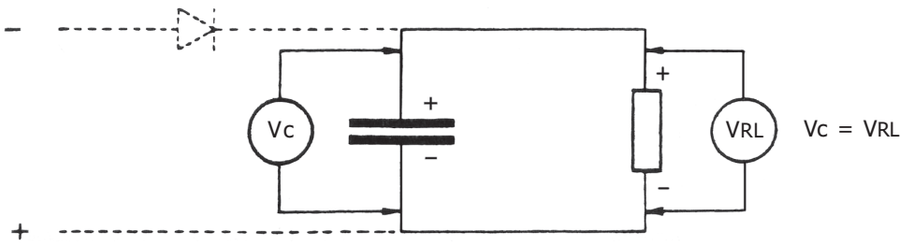


Fig. 60

A corrente absorvida pela carga é fornecida pelo capacitor. Com o passar do tempo, a tensão do capacitor diminui devido à sua descarga. (Fig. 61)

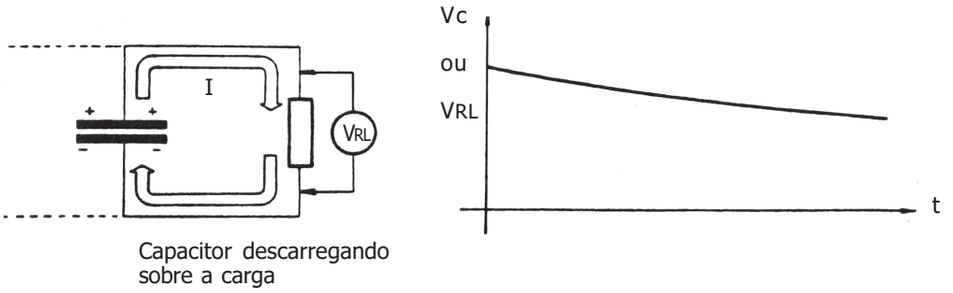


Fig. 61

O capacitor permanece descarregado até que o diodo conduza novamente a corrente, fazendo uma recarga nas duas placas. (Fig. 62)

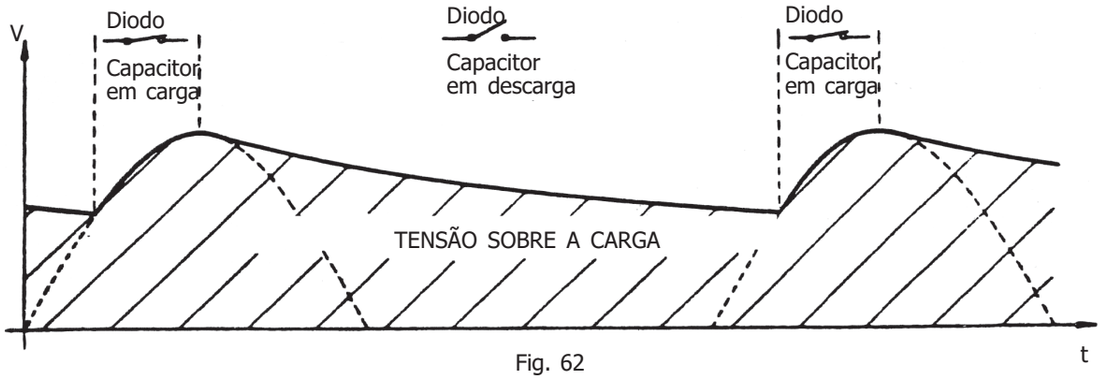
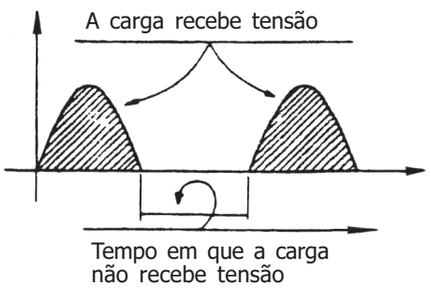
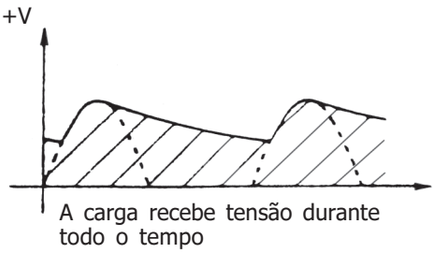


Fig. 62

Com a colocação do capacitor, a carga passa a receber a tensão durante todo o tempo. As figuras 63 e 64 permitem estabelecer uma comparação entre a tensão de saída de uma retificação de meia onda sem filtro e outra com filtro.



Retificação sem filtro
Fig. 63



Retificação com filtro
Fig. 64

A presença de tensão sobre a carga durante todo o tempo, ainda que seja com o valor variável, proporciona a elevação do valor médio de tensão fornecida. (Figs. 65 e 66)

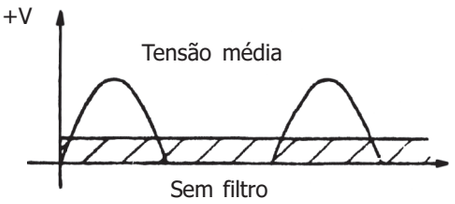


Fig. 65

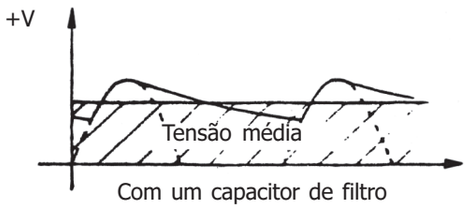


Fig. 66

Atenção

A colocação de um filtro aumenta o valor da tensão média de saída de um circuito retificador.

Tensão de ondulação

O capacitor colocado em circuito retificador sofre sucessivos processos de carga e descarga.

Nos períodos de condução do diodo, o capacitor sofre carga e sua tensão aumenta. Nos períodos de bloqueio, o capacitor se descarrega e a sua tensão diminui. (Fig. 67)

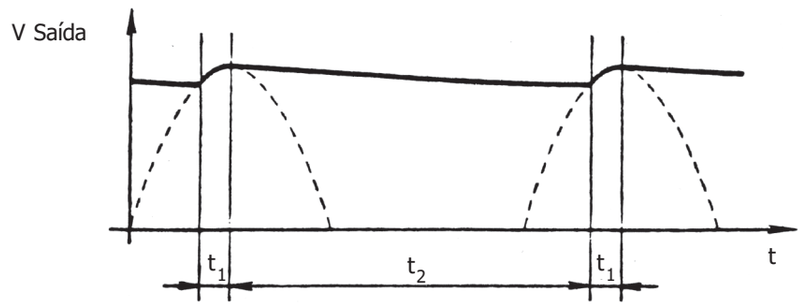


Fig. 67

t_1 = tempo em que o capacitor sofre carga (sua tensão aumenta).

t_2 = tempo em que o capacitor se descarrega parcialmente sobre a carga (sua tensão diminui).

A forma de onda da tensão de saída não chega a ser uma contínua pura, apresentando uma variação entre um valor máximo e um mínimo, denominada de *ondulação* ou *ripple*. (Fig. 68)

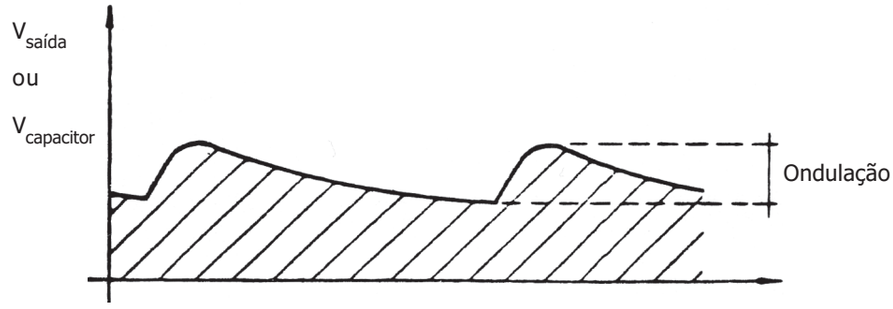


Fig. 68

Nota

***Ondulação** ou **ripple** é a variação de tensão existente em uma CC fornecida por um circuito retificador com filtro.*

A diferença de tensão entre o valor máximo e mínimo que a ondulação atinge é denominada de tensão de ondulação de pico, abreviada por VONDpp. (Fig.69)

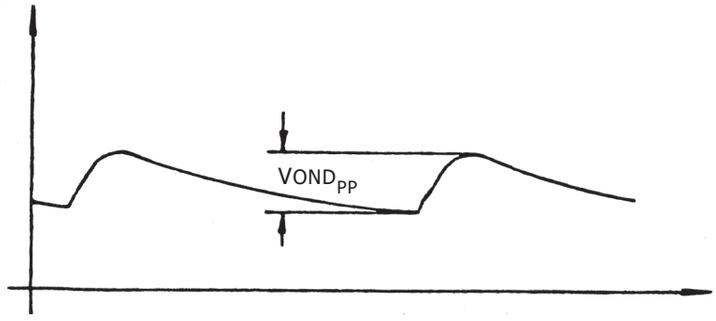


Fig. 69

A tensão de ondulação na saída de uma fonte também é denominada de ***componente alternada*** de saída da fonte.

Um dos fatores que definem a qualidade de um circuito é o valor da componente alternada presente na sua saída.

Atenção

*Quanto **meno**r o valor da componente alternada presente na saída de uma fonte, **melhor** é a sua qualidade.*

Fatores de influência na ondulação

A ondulação na saída de um circuito retificador depende fundamentalmente de três fatores:

a – capacidade de armazenamento do capacitor;
b – corrente absorvida pela carga;
c – tempo em que o capacitor permanece descarregado.

Observando atentamente esses fatores, verifica-se que todos eles influenciam na descarga do capacitor e, em conseqüência, influenciam também na ondulação, resultante daquela descarga.

Vamos analisar, agora, cada um desses fatores.

a – **A capacidade de armazenamento de um capacitor** é expressa pela sua capacitância.

Quanto maior o valor do capacitor, maior a capacidade de armazenamento. Assim, um capacitor de filtro maior mantém a tensão de saída mais constante, diminuindo a ondulação. Compare as figuras 70 e 71.

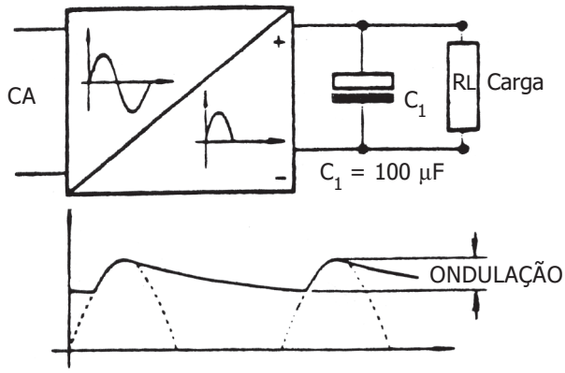


Fig. 70

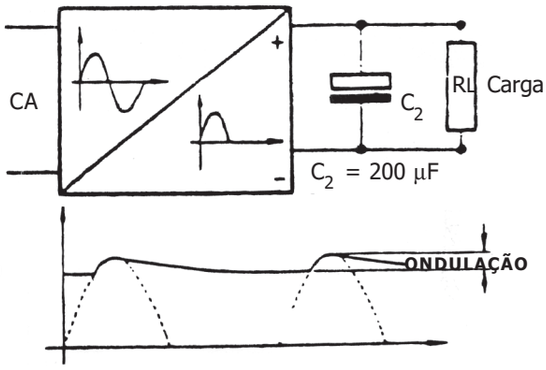


Fig. 71

Atenção

Capacitor de filtro com maior capacitância ⇨ tensão de ondulação menor.

b – **A corrente solicitada pela carga** é responsável pela descarga do capacitor.

Quando a corrente solicitada pela carga é menor, o capacitor descarrega mais lentamente. Como conseqüência, a redução de tensão do capacitor é menor, obtendo-se menor ondulação, como mostram as figuras 72 e 73.

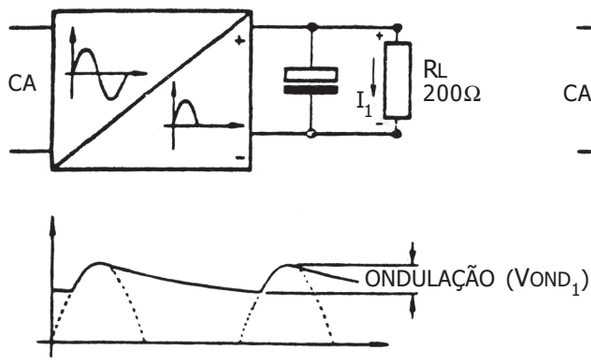


Fig. 72

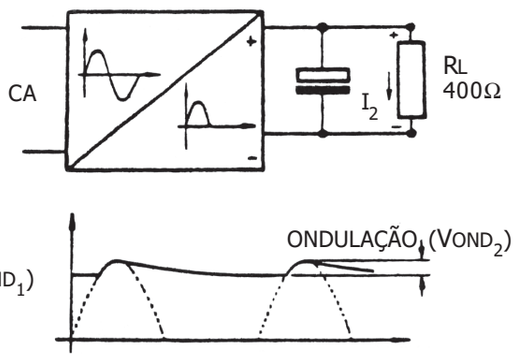


Fig. 73

I_1 maior que I_2
V_{OND_1} maior que V_{OND_2}

A corrente de carga é o ponto de partida para o cálculo da fonte. É necessário que o circuito projetado tenha capacidade de alimentar a carga mesmo na pior situação de consumo.

Tensão na saída nos circuitos retificadores com filtro

A tensão CC média de saída em circuitos retificadores com filtro é dada pela equação:

$$V_{CC} = EM - \frac{V_{ONDpp}}{2}$$

onde

V_{CC} ⟶ tensão CC na saída

EM ⟶ tensão de pico $V_{CA} \cdot \sqrt{2}$, desconsiderando-se a queda nos diodos.

V_{ONDpp} ⟶ tensão de ondulação de pico a pico

Quando um circuito retificador com filtro capacitivo está sem carga, não há ondulação. A tensão de saída é uma CC perfeita, dada neste caso por:

$$V_{CC} = EM - \frac{V_{ONDpp}}{2}$$

Com $V_{ONDpp} = 0$, tem-se
$V_{CC} = EM$ ou
$V_{CC} = V_{CA} \cdot \sqrt{2}$

Isto é válido tanto para retificação de meia onda com filtro como para onda completa com filtro. (Figs. 74 e 75)

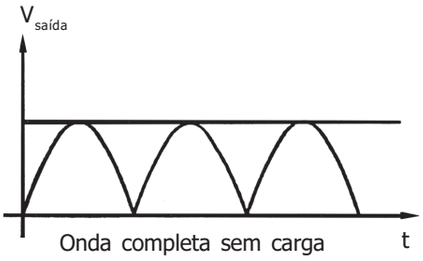


Fig. 74

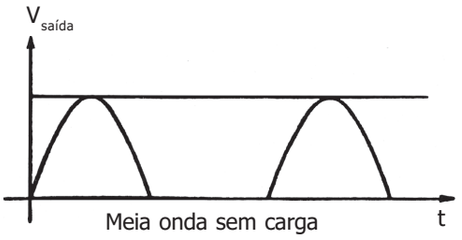
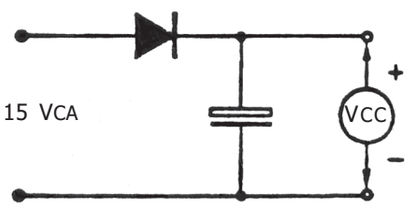


Fig. 75

Aplicação

Um exemplo ilustra o comportamento da tensão de saída de uma retificação de meia onda com filtro sem e com carga.



$V_{CC} = EM$

$V_{CC} = V_{CA} \cdot \sqrt{2}$

$V_{CC} = 15 \cdot 1{,}41 = 21{,}2\ V$

$V_{CC} = 21{,}2\ V$

Conectando-se um osciloscópio em modo DC na saída da fonte, a forma de onda observada seria uma CC pura. (Fig. A)

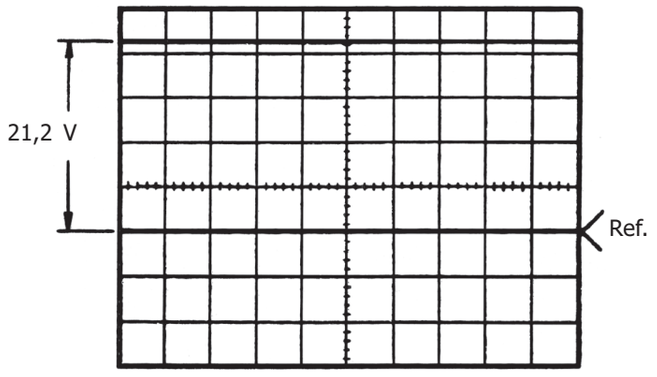
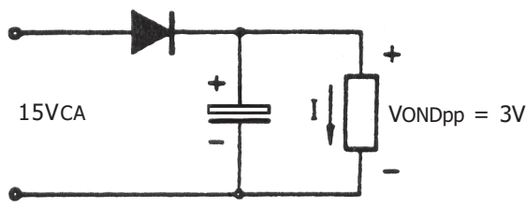


Fig. A

Quando a carga é aplicada, a ondulação aparece, fazendo com que a tensão de saída caia para valores inferiores à EM.

A redução na tensão de saída se deve à ondulação, e será tanto maior quanto maior for a corrente solicitada pela carga.

Admitindo-se uma carga que provoque uma ondulação de 3 Vpp



$$V_{CC} = EM - \frac{V_{ONDpp}}{2}$$

$$EM = V_{CA} \cdot \sqrt{2}$$

(desprezando-se a queda no diodo)

$$V_{CC} = 21{,}2 - \frac{3{,}0\ Vpp}{2}$$

$$V_{CC} = 19{,}7\ V$$

A forma de onda da saída, observada em osciloscópio, em modo DC, seria a mostrada na figura B.

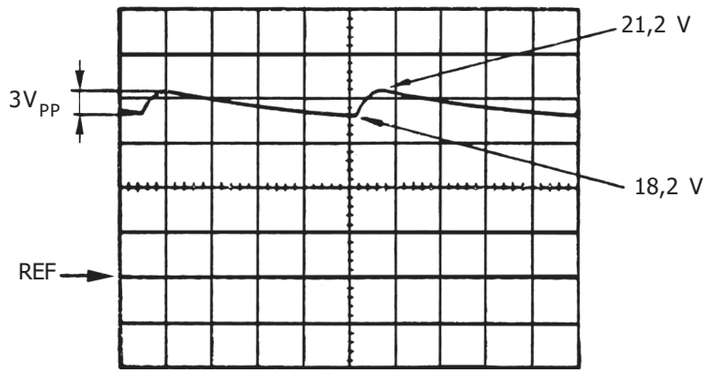


Fig. B

O valor médio da tensão de saída CC, devido à ondulação, cairia de 21,2 V (sem carga) para 19,7 V (média entre 21,2 e 18,2) devido à carga.

Observação da ondulação com osciloscópio

Conceito de ondulação

A ondulação é uma componente alternada presente no topo da forma de onda fornecida por uma fonte com filtro capacitivo e carga na saída.

Medição da ondulação

Como o valor desta ondulação é normalmente igual ou menor que 10% do valor da CC fornecida pela fonte, torna-se difícil medir o seu valor exato usando o osciloscópio no modo CC. (Fig. 76)

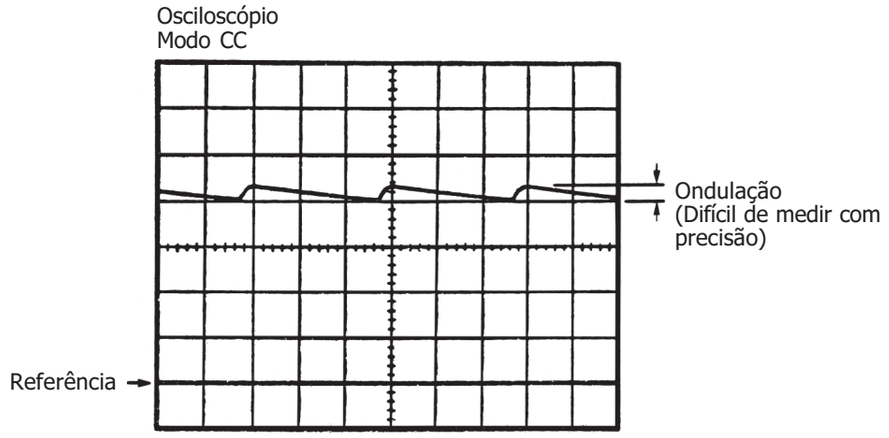
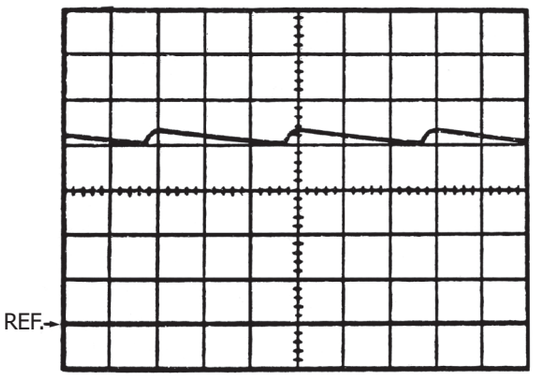


Fig. 76

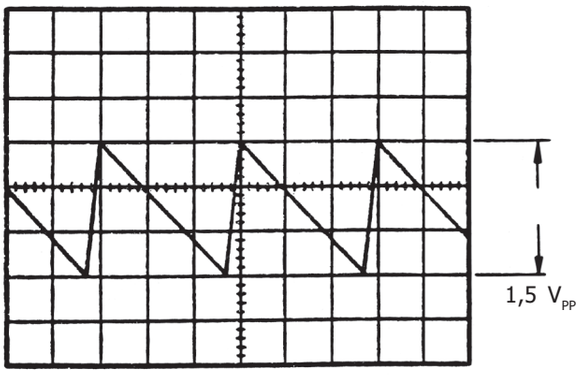
Para obter uma medida precisa da tensão de ondulação de pico a pico, utiliza-se o modo CA. Neste modo de entrada, a componente CC da saída é eliminada e o osciloscópio apresenta na tela apenas a ondulação. Isto permite aumentar o ganho vertical, ampliando apenas a ondulação na tela.

As figuras 77 e 78 mostram a mesma saída de uma fonte, nos modos CC e CA de entrada.



Modo CC Vertical - 5V/Div

Fig. 77



Modo CA Vertical - 0,5V/Div

Fig. 78

Capacitor de filtro ideal

O capacitor de filtro ideal seria aquele que possibilitasse a obtenção de uma tensão de saída sem componente alternada (ondulação inexistente). Certamente o valor de capacitância deste capacitor seria elevadíssimo, para que sua capacidade de armazenamento fosse suficiente para manter a tensão de saída absolutamente constante.

É bom lembrar que a utilização prática de um capacitor como filtro implica um compromisso entre alguns fatores: se há maior capacitância, haverá, em conseqüência, maior volume e custo mais elevado.

Por isso, é bastante compensador diminuir a tensão de ondulação de pico a pico para 5% de CC, em relação ao custo e volume do capacitor.

Na prática, os capacitores utilizados como filtro são normalmente eletrolíticos, porque possuem maior capacitância por volume.

Se uma tensão de ondulação da ordem de 10% V_{CC} é elevada demais para que uma fonte de alimentação possa ser usada em um determinado equipamento, utilizam-se circuitos eletrônicos destinados especificamente à regulação da tensão de saída, sem que seja necessário aumentar a capacitância do filtro.

Pesquisa de defeitos em fontes com filtro

Em retificações de meia onda com filtro pode-se facilmente determinar se o circuito está funcionando corretamente, **desligando a carga** e medindo:

– a tensão CA antes do diodo;

– a tensão CC de saída (após o diodo). (Fig. 79)

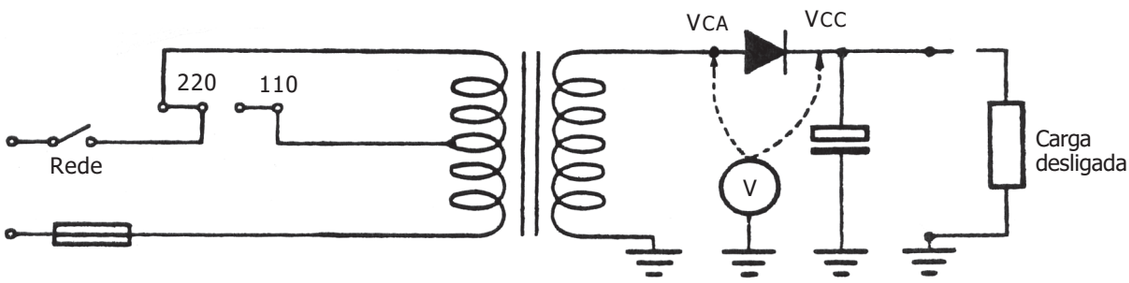


Fig. 79

Pelo valor de tensão encontrado na saída se pode determinar se o funcionamento é correto:

$$\left(V_{CA} = \frac{V_{CC}}{\sqrt{2}} \right).$$

Caso seja constatado um mau funcionamento do circuito, pode-se testar, em primeiro lugar, o capacitor de filtro, desligando um dos seus terminais e medindo com ohmímetro.

Se o capacitor estiver em boas condições, testa-se o restante do circuito (mantendo o capacitor desligado) como se faria com uma retificação de meia onda sem filtro.

Quando o circuito é de onda completa, é mais difícil determinar se o funcionamento é normal apenas medindo as tensões CA e CC.

Caso um dos diodos esteja danificado, a diferença na tensão de saída dificilmente é detectável (esta diferença será devida a uma ondulação maior).

Nesses casos, pode-se seguir, na figura 80, o seguinte fluxograma:

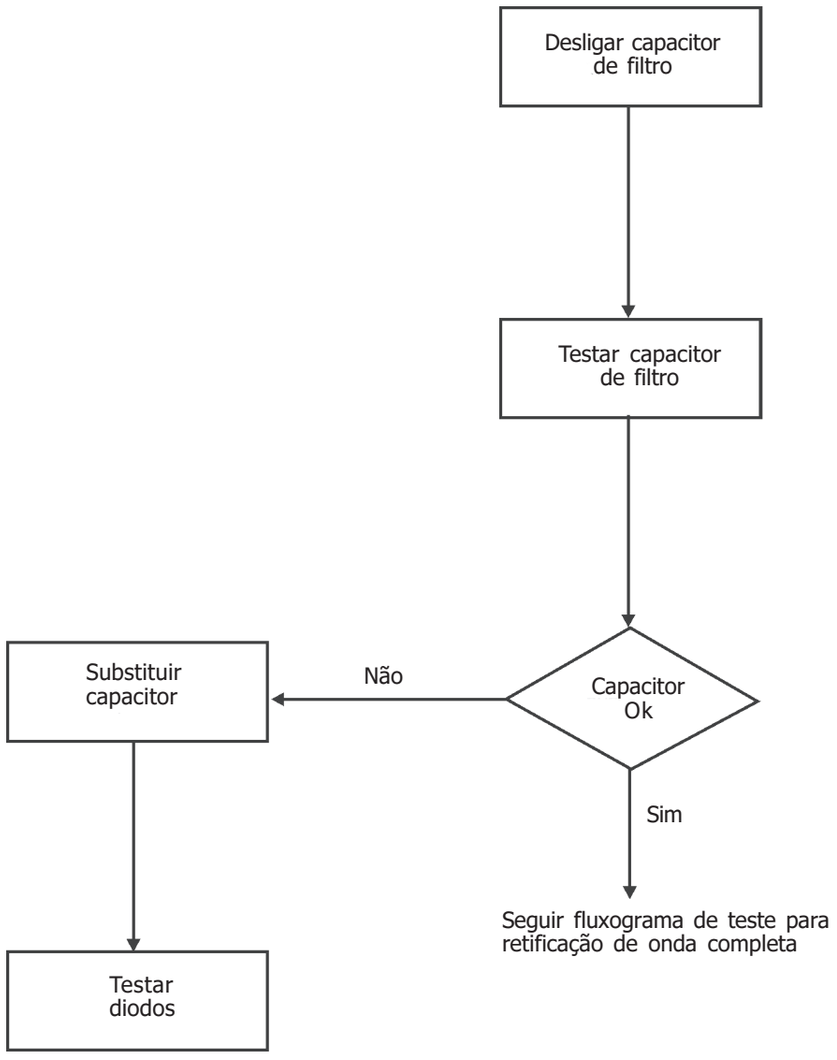


Fig. 80

Atenção

Quando o capacitor de filtro está danificado (em curto ou com fuga) os diodos podem ter sido prejudicados; por isso, devem ser testados antes de ligar novamente o circuito.

Regimes máximos do diodo em CA

Os regimes em corrente alternada determinam os limites de corrente de condução e tensão do diodo, empregados em circuitos retificadores.

Tensão inversa de diodo

Nos circuitos retificadores, o diodo está sujeito a um regime intermitente de ciclos de condução e bloqueio. Durante semiciclos de condução, a tensão sobre o diodo é um valor típico que depende do material semicondutor utilizado. (Figs. 81 e 82)

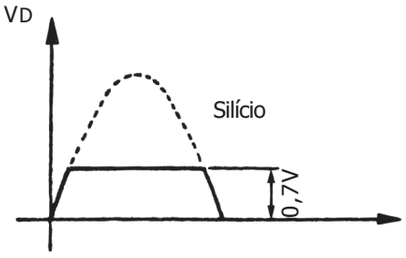


Fig. 81

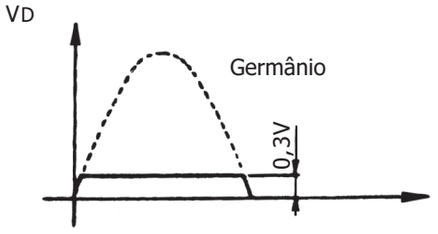


Fig. 82

Durante os semiciclos de bloqueio, a tensão sobre o diodo assume a forma senoidal de CA. (Fig. 83)

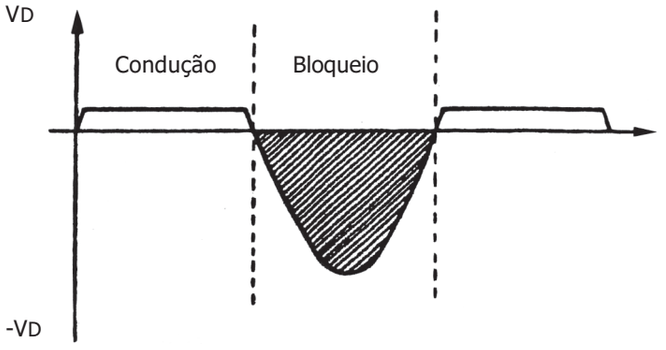


Fig. 83

A máxima tensão inversa sobre o diodo ocorre no pico do semiciclo de bloqueio. (Fig. 84)

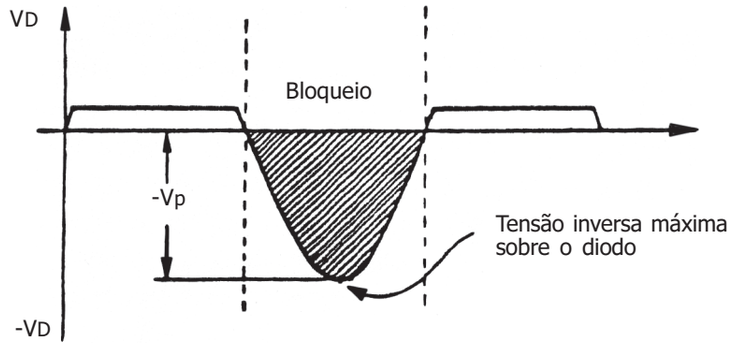


Fig. 84

Esse valor acontece sobre o diodo a cada semiperíodo de bloqueio, de forma repetitiva. (Fig. 85)

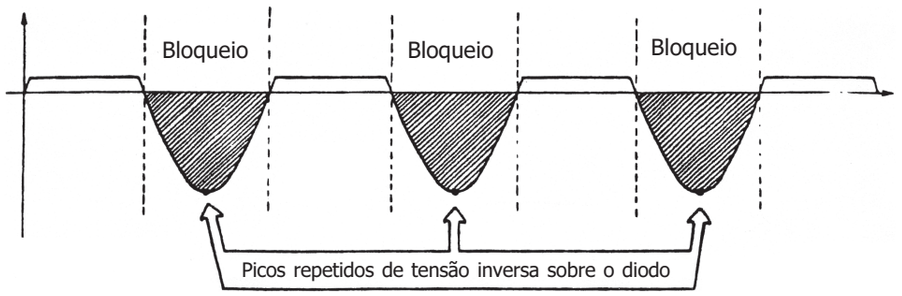
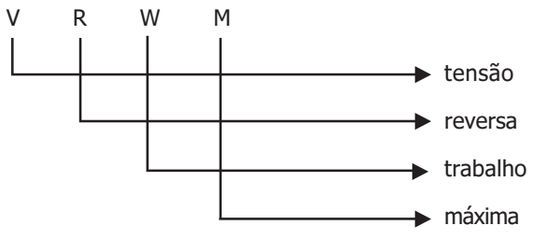


Fig. 85

Os folhetos técnicos de diodo, fornecidos pelos fabricantes, trazem o valor de tensão inversa de trabalho máxima que o componente pode suportar. Esta informação é designada pelas letras VRWM que significam:



Observe, a seguir, a tabela que apresenta alguns diodos comerciais com seus respectivos valores de VRWM:

DIODO	VRWM
1N4004	400 V
SKE1/12	1200 V
BY127	1250 V

Corrente média nos diodos

Os diodos utilizados nos circuitos retificadores conduzem corrente em ciclos intermitentes. (Fig. 86)

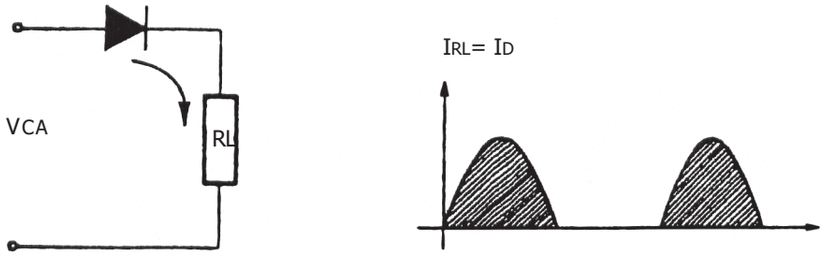


Fig. 86

Estes picos de corrente traduzem-se em valor de corrente média que circula para a carga através do diodo (ou diodos). (Fig. 87)

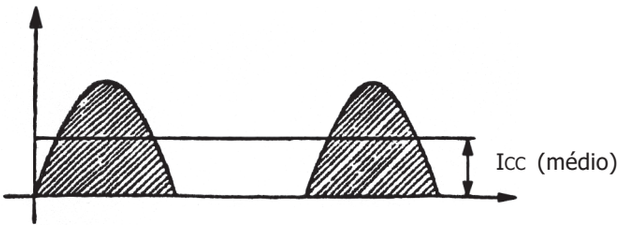
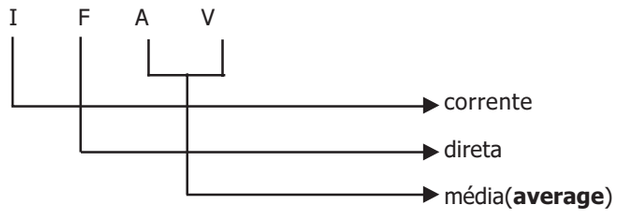


Fig. 87

Os folhetos técnicos fornecidos pelos fabricantes trazem valor de corrente média que cada diodo pode suportar. Esta corrente é designada pela sigla IFAV que significa:



Veja a tabela seguinte, que apresenta alguns diodos comerciais com suas características IFAV:

DIODO	IFAV
1N4004	1 A
SKE1/12	1,3 A
BY127	1 A

Corrente de pico nos diodos

Nos circuitos retificadores com filtro, o diodo retificador conduz corrente apenas durante um pequeno período de tempo, para recarregar o capacitor – tempo de carga – como mostra a figura 88.

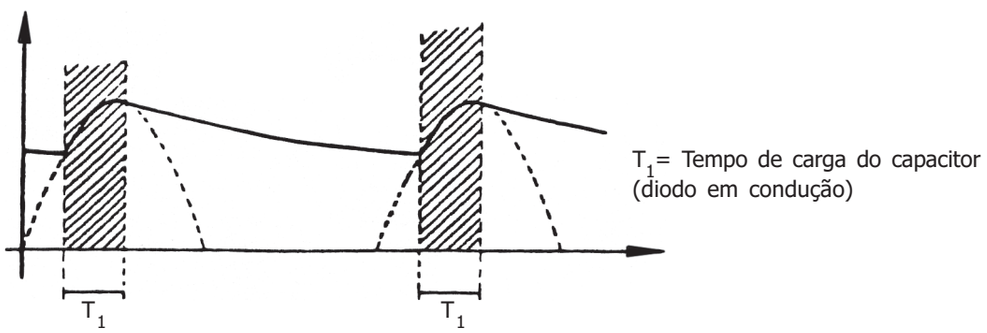


Fig. 88

Durante o curto período de tempo em que o diodo conduz corrente, o capacitor recebe toda a carga.

Isto faz com que a intensidade de corrente durante a condução do diodo seja elevadíssima. (Fig. 89)

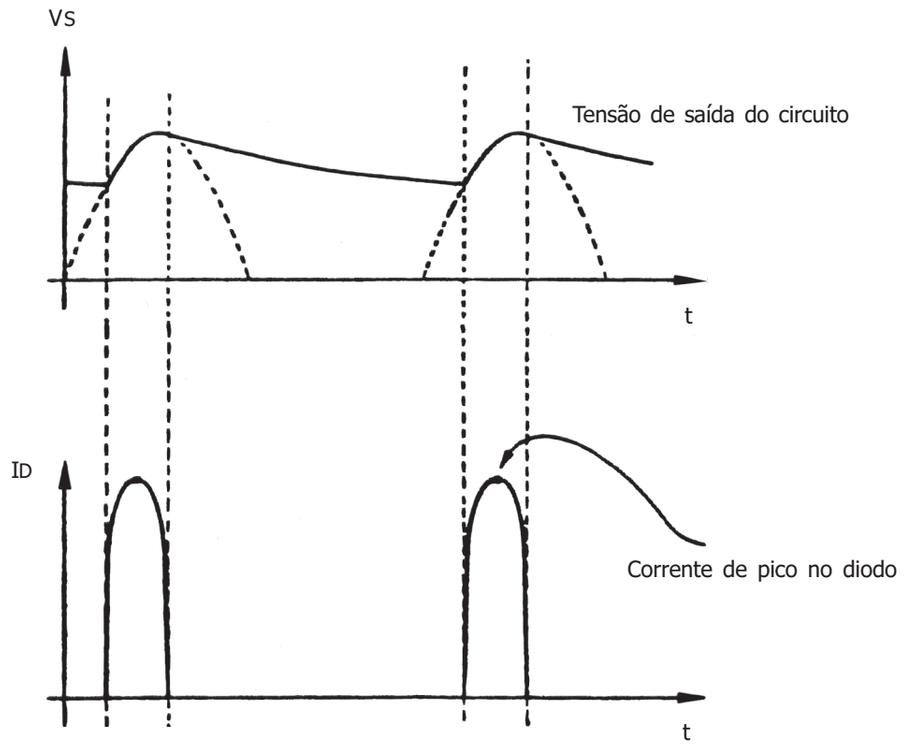


Fig. 89

Essa corrente é denominada de corrente de pico repetitiva do diodo, sendo fornecida nos catálogos e manuais desse tipo de componente. Ela é difícil de ser determinada matematicamente, porque depende de muitos fatores. Deve-se lembrar, porém, que quanto maior é o capacitor de filtro, maior também é o seu valor.

A corrente de pico repetitiva é a razão pela qual não se pode aumentar indefinidamente o capacitor de filtro de uma fonte.